



جمهورية مصر العربية  
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني  
الإدارة المركزية لشئون الكتب

# الفيزياء

الصف الأول الثانوى  
كتاب الطالب

## فريق الإعداد

أ.د. محمد عبد الهادى كامل العدوى  
د. علاء فرج عبد الرحيم البنا  
د. ياسر سيد حسن مهدى  
د. أيمن محمد عبد المعطى

## لجنة التعديلات

صدقة الدرديرى مجدى  
علاء الدين محمد أحمد عامر

مستشار مادة العلوم

يسرى فؤاد سويرس

٢٠٢٠ - ٢٠١٩

غير مصرح بتداول هذا الكتاب  
خارج وزارة التربية والتعليم  
والتعليم الفني



## مقدمة

يمثل هذا الكتاب دعامة من دعائم المنهج المطور في الفيزياء للصف الأول الثانوى، إلى جانب الأنشطة والتدريبات، ودليل المعلم - الأمر الذى يعمل على تحقيق أهداف عملية تطوير المناهج لمواجهة تحديات القرن الحادى والعشرين، والذى واكبت بدايته ثورة متسارعة فى المعلومات وتكنولوجيا الاتصالات.

ويهدف المنهج إلى تحقيق التوجهات التالية:

- ◆ التبصير بالعلاقة بين العلم والتكنولوجيا فى مجال الفيزياء وانعكاساتها على التنمية.
  - ◆ التركيز على ممارسة الطلاب للتصرف الواعى والفعال حيال استخدام المخرجات التكنولوجية.
  - ◆ اكتساب الطلاب منهجية التفكير العلمى، ومن ثم يتاح لهم الانتقال إلى التعلم الذاتى المتميز والمتعة والتشويق.
  - ◆ اعتماد الطلاب على الاستكشاف فى التوصل إلى المعلومات، واكتساب المزيد من الخبرات.
  - ◆ توفير الفرص لممارسة مهام المواطنة من خلال أساليب التعلم الذاتى، والعمل بروح الفريق للتفاوض والإقناع وتقبل آراء الآخرين وعدم التعصب ونبذ التطرف.
  - ◆ اكتساب الطلاب المهارات الحياتية، عن طريق زيادة الاهتمام بالجانب العملى والتطبيقى.
  - ◆ تنمية الاتجاهات البيئية الإيجابية نحو استخدام الموارد البيئية، والحفاظ على التوازن البيئى محلياً وعالمياً.
- ويحتوى هذا الكتاب على ست أبواب مترابطة، يتضمن كل باب منها مجموعة من الفصول المتكاملة تحقق الأهداف المرجوة من دراسة كل باب، وهى:

١ الكميات الفيزيائية ووحدات القياس.

٢ الحركة الخطية.

٣ الحركة الدائرية.

٤ الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية.

ومواكبة لتطورات العصر ولتنفيذ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات فقد تم تصميم موقع تعليمي على شبكة المعلومات الدولية والذى يتضمن العديد من الأفلام والصور والتدريبات والامتحانات وذلك على الرابط التالى:

[www.elshamsscience.com.eg](http://www.elshamsscience.com.eg)

وقد تم تزويد الكتاب بروابط على بنك المعرفة المصرى

[www.ekb.eg](http://www.ekb.eg)

منها ما هو فى سياق الموضوعات ، ومنها ما هو إثرائى لتعميق المعرفة والفهم تشجيعاً للطلاب على المزيد من البحث والاطلاع.

نسأل الله عز وجل أن تعم الفائدة من هذا الكتاب، وندعوه سبحانه أن يكون ذلك لبنة من اللبنة التى نضعها فى محراب حب الوطن والانتماء إليه. والله من وراء القصد، وهو يهتدى إلى سواء السبيل.

**المؤلفون**

# المحتويات

## الباب الأول: الكميات الفيزيائية ووحدات القياس

٢

الفصل الأول : القياس الفيزيائي

٢٣

الفصل الثاني : الكميات القياسية والكميات المتجهة



## الباب الثاني : الحركة الخطية

٣٦

الفصل الأول : الحركة في خط مستقيم

٥١

الفصل الثاني : الحركة بعجلة منتظمة

٦٩

الفصل الثالث : القوة والحركة





## الباب الثالث: الحركة الدائرية

الفصل الأول : قوانين الحركة الدائرية

٨٨

الفصل الثاني : الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

١٠٢



## الباب الرابع: الشغل والطاقة في حياتنا اليومية

الفصل الأول : الشغل والطاقة

١١٨

الفصل الثاني : قانون بقاء الطاقة

١٣١



# الباب الأول

## الكميات الفيزيائية ووحدات القياس

## Physical Quantities and Measuring Units



### فصول الباب

الفصل الأول : القياس الفيزيائي

الفصل الثاني : الكميات القياسية والكميات الموجهة

## مقدمة الباب

تهتم العلوم الطبيعية بدراسة جميع الظواهر التي تحدث في الكون، فتصف هذه الظواهر وتحاول تفسيرها وتخضعها للتجربة بهدف الاستفادة منها في خدمة الإنسان، ولا يمكن أن يكون وصف هذه الظواهر دقيقاً دون إجراء عمليات قياس دقيقة للكميات الفيزيائية المختلفة.

### أهداف الباب

في نهاية هذا الباب تكون قادراً على أن:

- تعرف الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
- تستنتج معادلة أبعاد الكميات الفيزيائية.
- تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي ووحدات قياسها.
- تسمى أدوات قياس الطول، والكتلة، والزمن.
- تستنتج وحدات النظام الدولي لكميات فيزيائية مشتقة.
- تستخدم معادلة الأبعاد في إثبات صحة القوانين الفيزيائية.
- تقارن بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.
- تعرف الضرب القياسي للكميات المتجهة.
- تعرف الضرب الاتجاهي للكميات المتجهة.
- تعرف كيفية حساب الخطأ في القياس.
- تعرف مصادر الخطأ في القياس.

### الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود العلماء في تصميم أدوات القياس المختلفة.
- تقدير أهمية الدقة في إجراء عملية القياس.
- إدراك أهمية القياس في الحياة اليومية.

### عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمي.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- التفكير الناقد.





## الفصل الأول

# القياس الفيزيائي

## Physical Measurement

وصف درجة حرارة شخص بأنها مرتفعة يكون غير دقيق علمياً، والأفضل أن يقال مثلاً أن درجة حرارته  $40^\circ\text{C}$  سيلزيوس، فالقياسات تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بواسطة الأرقام



شكل (١): يحتاج الإنسان لإجراء قياسات مختلفة في الحياة اليومية

### ما المقصود بالقياس؟

القياس هو عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها (تسمى وحدة القياس) لمعرفة عدد مرات إحتواء الأولى على الثانية، ولعملية القياس ثلاثة عناصر رئيسة هي:

١ الكميات الفيزيائية (المراد قياسها).

٢ أدوات القياس اللازمة.

٣ وحدات القياس المستخدمة (الوحدات المعيارية).

### تعميق المعرفة



لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

### نواتج التعلم المتوقعة:

- في نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:
  - تفرق بين الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
  - تستنتج معادلة أبعاد الكميات الفيزيائية.
  - تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي ووحدات قياسها.
  - تسمى أدوات قياس الطول والكتلة والزمن.
  - تستنتج وحدات النظام الدولي لكميات فيزيائية مشتقة.
  - تستخدم معادلة الأبعاد في إثبات صحة القوانين الفيزيائية.
  - تحسب الخطأ في القياس.
  - تذكر مصادر الخطأ في القياس.

### مصطلحات الفصل:

- الكمية الفيزيائية *Physical quantity*
- وحدة القياس *Measuring unit*
- الخطأ المطلق *Absolute error*
- الخطأ النسبي *Relative error*

### مصادر التعلم الإلكترونية:

- فيلم تعليمي: الكميات الفيزيائية ووحدات القياس.

<http://www.youtube.com/watch?v=Hk-dlSEfIYY>



وستتناول بالتفصيل كل عنصر من هذه العناصر.

إن الكميات التي تتعامل معها مثل الكتلة والزمن والطول والحجم وغيرها تسمى كميات فيزيائية، ونحن نحتاج إلى قياسها بدقة في حياتنا اليومية.

### تواصل



تواصل معنا من خلال موقع الكتاب على شبكة المعلومات الدولية.

www.elshamsscience.com.eg

### ويمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

**أ** كمية فيزيائية أساسية: هي كمية فيزيائية لا تُعرف بدلالة كميات فيزيائية أخرى.

من أمثلتها: الطول، الزمن، الكتلة.

**ب** كمية فيزيائية مشتقة: هي كمية فيزيائية تُعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأساسية. من أمثلتها: الحجم، السرعة، العجلة.

ف نجد على سبيل المثال أن:

حجم متوازي المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

$$V = L_1 \times L_2 \times L_3$$

أي أن الحجم مشتق من الطول.

ويوجد في العالم عدة أنظمة لتحديد الكميات الفيزيائية الأساسية ووحدات قياسها ومنها:

وحدات القياس			
الكمية الأساسية	النظام الفرنسي (نظام جاوس) (C . G . S)	النظام البريطاني (F . P . S)	النظام المترى (M . K . S)
الطول	سنتيمتر	قدم	متر
الكتلة	جرام	باوند	كيلو جرام
الزمن	ثانية	ثانية	ثانية

### التكامل مع الرياضيات

دائمًا ما يتم التعبير عن الكميات الفيزيائية وعلاقتها ببعضها البعض بالمعادلات الرياضية، وهذه المعادلات الرياضية هي صورة مختصرة لتوصيف فيزيائي. ويكون لكل معادلة فيزيائية مدلول معين. وهذا المدلول هو ما نسميه المعنى الفيزيائي.



## النظام الدولي للوحدات (SI): International System of Units



ويسمى أيضا النظام المترى المعاصر، وقد تم الاتفاق في المؤتمر العالمي للمقاييس والموازين الحادى عشر الذى عقد عام 1960 على إضافة أربع وحدات للنظام المترى السابق، وبذلك أصبح على الصورة التى بينها الرابط المقابل:

وقد أضيفت وحدتان إضافيتان وهما:

◆ راديان *Radian* لقياس الزاوية المسطحة.

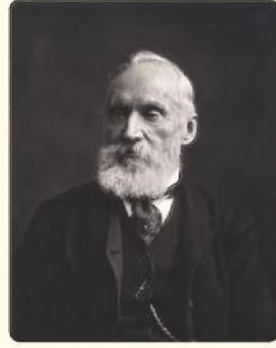
◆ استرديان *Steradian* لقياس الزاوية المجسمة.

هذا وقد تم استخدام النظام الدولي فى جميع المجالات العلمية المختلفة فى كافة أنحاء العالم.

### علماء أفادوا البشرية



➡ **أحمد زويل:** عالم مصرى حصل على جائزة نوبل عام 1999 م حيث استخدم الليزر فى دراسة التفاعلات الكيميائية بين الجزيئات والتى تحدث فى فترة زمنية تقاس بالفيمتوثانية ( $10^{-15}$  s)



➡ **وليام تومسون (لورد كلفن):** عالم بريطانى يعد أحد أبرز العلماء الذين طوروا النظام المترى وقد قام بتعيين درجة الصفر المطلق على مقياس "كلفن" لدرجات الحرارة بدقة تامة، ووجد أنها تساوى ( $-273^{\circ}\text{C}$ ).

## Measurement Tools

## ٢- أدوات القياس

اتخذ الإنسان فى الماضى من أجزاء جسمه ومن الظواهر الطبيعية وسائل للقياس. فاتخذ الذراع وكف اليد والقدم وغيرها كمقاييس للطول، واستفاد من شروق الشمس وغروبها ودورة القمر فى استنباط مقياس للزمن، ونشأت نظم مختلفة للقياس، وتنوعت وتعددت فى كل دولة، ولقد تطورت أدوات القياس تطوراً هائلاً فى إطار التطور الصناعى الضخم الذى أعقب الحرب العالمية الثانية، وبذلك ساعدت الإنسان على وصف الظواهر بدقة والتوصل إلى حقائق الأشياء.



(قياس الأطوال - قياس مساحة بعض الأشكال).

### تعميق المعرفة



لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

### بعض أدوات القياس قديماً وحديثاً

#### الكمية



الميكرومتر



القدمة ذات الورنية



المسطرة



الشريط المترى

#### الطول



ميزان رقمي



ميزان ذو الكفة الواحدة



ميزان ذو الكفتين



ميزان روماني

#### الكتلة



ساعة رقمية



ساعة الإيقاف



ساعة البندول



الساعة الرملية

#### الزمن

### Standard Units

### ٣- الوحدات المعيارية

بدون استخدام وحدات القياس يصبح الكثير من المهام التي نقوم بها في حياتنا اليومية عديمة المعنى، فعندما نقول إن كتلة جسم ما تساوي (5) دون أن نذكر وحدة قياس الكتلة المستخدمة فإن ذلك يجعلنا نتساءل: هل وحدة القياس هي الجرام، أم الكيلوجرام أم الطن...؟ ولكننا عندما نقول: إن الكتلة تساوي (5 kg) نكون قد أوضحنا الكمية أيضاً تماماً.

ولقد حاول العلماء البحث عن التعريف الأكثر دقة لكل من الوحدات المعيارية مثل الطول والكتلة والزمن، وإليك بعض هذه التعريفات.

**أولاً: معيار الطول (المتر):** يعتبر الفرنسيون أول من استخدم المتر كوحدة عيارية لقياس الطول. وقد تغير تعريف المتر بحثاً عن التعريف الأكثر دقة.

"المتر العياري هو المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتي ساق من سبيكة من البلاتين - الأيريديوم محفوظة عند درجة الصفر سيلزيوس في المكتب الدولي للموازين والمقاييس بالقرب من باريس.

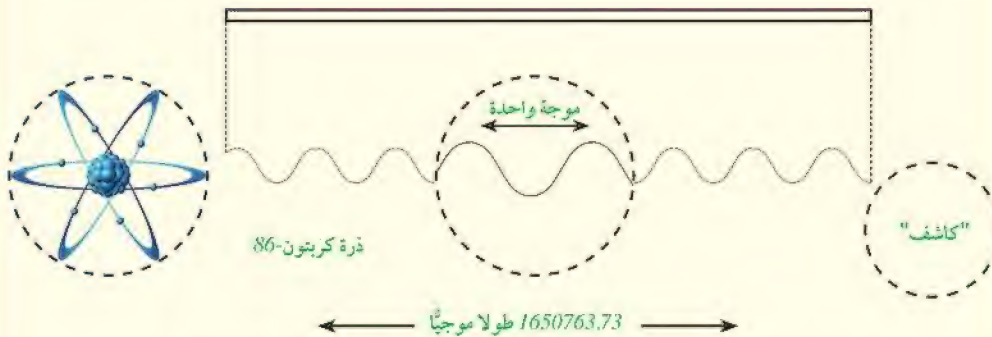


الشكل (٣) : المتر العياري

#### معلومة إثرائية

في عام 1960 م اتفق العلماء في المؤتمر الدولي للموازين والمقاييس على إمكانية استبدال المتر العياري السابق بأحد الثوابت الذرية وفقاً للتعريف الآتي:

"المتر العياري يساوي عدد معلوماً ( $1650763.73$ ) من الأطوال الموجية للضوء الأحمر - البرتقالي المنبعث في الفراغ من ذرات نظير عنصر الكربون ذي الكتلة الذرية 86 في أنبوبة تفريغ كهربائي بها غاز الكربون".



شكل (٤) : المتر معرفاً بدلالة الأطوال الموجية للضوء الأحمر البرتقالي لذرة الكربون-86



## أفكار لتنشيط الإبداع

باستخدام شبكة المعلومات، ابحث في اجابة الأسئلة التالية:

❖ كيف يمكنك قياس بعد القمر عن الأرض؟ ❖ كيف يمكنك قياس طول محيط الكرة الأرضية؟

**ثانياً: معيار الكتلة (الكيلو جرام) :** "الكيلو جرام العياري يساوي كتلة أسطوانة من سبيكة (البلاتين - الإيريديوم) ذات الأبعاد المحددة محفوظة عند درجة صفر سليزيوس في المكتب الدولي للمقاييس والموازين بالقرب من باريس.

## تعميق المعرفة



لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



الشكل (٥) : الكيلو جرام العياري

**ثالثاً: معيار الزمن (الثانية)** الثانية هي وحدة قياس الزمن، ولقد تم تحديدها في العصور القديمة. فقد كان الليل والنهار واليوم وسيلة ممتازة للعثور على مقياس ثابت وسهل لوحدة الزمن، حيث أن: اليوم = 24 ساعة = 24 × 60 دقيقة = 24 × 60 × 60 ثانية = 86400 ثانية وبناء على ما سبق يمكن تعريف الثانية على أنها تساوي  $\frac{1}{86400}$  من اليوم الشمسي المتوسط. ولقد اقترح العلماء استخدام الساعات الذرية مثل ساعة السيزيوم لقياس الزمن، وهي غاية في الدقة.

## معلومة إثرائية



الشكل (٦) : ساعة السيزيوم الذرية

توصل العلماء إلى التعريف الآتي للثانية باستخدام ساعة السيزيوم:

"الثانية هي الفترة الزمنية اللازمة لينبعث من ذرة السيزيوم ذى الكتلة الذرية 133 عدد من الموجات (يساوي 9192631700 موجة)"

شاهد فيلم على موقع الكتاب



كيف تعمل الساعة الذرية؟

ويساعد استخدام الساعات الذرية ذات الدقة المتناهية في دراسة عدد كبير من المسائل ذات الأهمية العلمية والعملية مثل تحديد مدة دوران الأرض حول نفسها (زمن اليوم) إلى جانب مراجعات لتحسين الملاحظة الجوية والأرضية، وتدقيق رحلات سفن الفضاء لاكتشاف الكون وغيرها.

### تنمية التفكير الناقد

- \* لماذا لا يستخدم طول مماثل للمتر العيارى من الزجاج لنحتفظ به كوحدة عيارية لقياس الطول؟
- \* لماذا فى رأيك اختار العلماء المتر العيارى الذرى وفضلوه على المتر العيارى الدولى؟
- \* لماذا يبحث العلماء عن المعيار الأكثر دقة لقياس الكمية الفيزيائية؟

### Dimensional Formula

### صيغة الأبعاد

اصطلح العلماء على تعريف محدد لكل كمية فيزيائية يتم الاتفاق عليه عالمياً. **فمثلاً:** السرعة (معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن) =  $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ . ويظل هذا التعريف سارياً فى جميع أنحاء العالم.

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب

حساب أبعاد الكميات الفيزيائية؟

← نرسم للطول Length بالرمز "L".

← نرسم للكتلة Mass بالرمز "M".

← نرسم للزمن Time بالرمز "T".

وعندما نعبّر عن التعريف بدلالة الرموز السابقة نحصل على ما يسمى "صيغة أبعاد" الكمية الفيزيائية. فمثلاً:

$$[v] = \frac{\text{Distance}}{\text{time}} = \frac{L}{T} = LT^{-1} \quad \text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}}$$

مما سبق يتضح أنه يمكن التعبير عن معظم الكميات الفيزيائية المشتقة بدلالة أبعاد الكميات الفيزيائية الأساسية، وهى الطول والكتلة والزمن مرفوع كل منها "لأس" معين ويكتب التعبير الناتج على الصورة الآتية:

$$[A] = L^a M^b T^c$$

حيث A الكمية الفيزيائية، a, b, c هى أبعاد L و M و T على الترتيب.

**وحدة قياس الكمية الفيزيائية:** نحصل على وحدة القياس بالتعبير عن معادلة الأبعاد بالوحدات المناسبة.

فعلى سبيل المثال تقاس السرعة بوحدة: متر / ثانية (m/s).





## مثال محلول

أوجد صيغة أبعاد العجلة، وكذلك وحدة قياسها، إذا علمت أن العجلة تعرف بأنها (معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن).

الحل:

$$a = \frac{\text{Velocity}}{\text{time}} = \frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$$

$$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \text{العجلة}$$

أما وحدة قياس العجلة فتكون: م/ث<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>)

## صيغة أبعاد بعض الكميات الفيزيائية:

الكميات الفيزيائية	علاقتها مع الكميات الأخرى	صيغة الأبعاد	وحدة القياس
المساحة (A)	الطول × العرض	$L \times L = L^2$	$m^2$
الحجم (V)	الطول × العرض × الارتفاع	$L \times L \times L = L^3$	$m^3$
الكثافة (ρ)	$\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$	$\frac{M}{L^3} = ML^{-3}$	$kg/m^3$
السرعة (v)	$\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{L}{T} = LT^{-1}$	$m/s$
العجلة (a)	$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$	$m/s^2$
القوة (F)	الكتلة × العجلة	$M \times LT^{-2} = MLT^{-2}$	N (نيوتن)

## انتبه

عند جمع أو طرح كميتين فيزيائيتين يجب أن تكونا من نفس النوع، أي لهما نفس صيغة الأبعاد

فلا يمكن جمع كتلة 2 kg مع مسافة 2 m.

إذا كانت وحدة القياس مختلفة لكميتين من نفس النوع فيجب أن نحول وحدة قياس إحداهما

إلى وحدة قياس الأخرى لكي يمكن جمع أو طرح الكميتين مع بعضهما.

$$1\text{ m} + 170\text{ cm} = 100\text{ cm} + 170\text{ cm} = 270\text{ cm}$$

يمكن ضرب وقسمة الكميات الفيزيائية التي ليس لها نفس معادلة صيغة، وفي هذه الحالة

نحصل على كمية فيزيائية جديدة، فعند قسمة المسافة على الزمن نتج السرعة.

**أهمية معادلات الأبعاد:** يمكن استخدام معادلة الأبعاد في اختبار صحة القوانين، حيث يجب أن يكون

أبعاد كل من طرفي المعادلة متماثلة، وهذا ما يسمى (تحقيق تجانس الأبعاد للمعادلة).

## مثال محلول

اثبت صحة العلاقة: طاقة الحركة =  $\frac{1}{2}$  الكتلة  $\times$  مربع السرعة، إذا علمت أن صيغة أبعاد الطاقة  $E = ML^2T^{-2}$

**الحل:**

صيغة أبعاد الطرف الأيمن هي  $ML^2T^{-2}$

صيغة أبعاد الطرف الأيسر

من المعلوم أن الكسر  $\frac{1}{2}$  ليس له وحدة قياس.

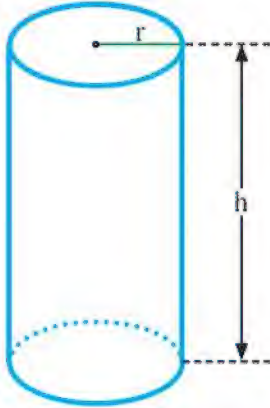
$$M (L/T)^2 = ML^2T^{-2}$$

وهي نفس صيغة أبعاد الطرف الأيمن. ونستنتج من ذلك أن العلاقة صحيحة.

## مثال محلول

اقترح أحدهم أن حجم الأسطوانة يتعين من العلاقة  $V = \pi r h$ ، حيث  $r$  نصف قطر قاعدة الأسطوانة،  $h$  ارتفاع الأسطوانة.

استخدم صيغة الأبعاد لكي تتحقق من صحة هذه المعادلة.



**الحل:**

تكتب المعادلة:  $V = \pi r h$  (ويلاحظ أن  $\pi$  ثابت ليس له وحدات)

صيغة أبعاد الطرف الأيسر (حجم)  $L^3$ .

صيغة أبعاد الطرف الأيمن (طول  $\times$  طول)  $L^2$ .

**النتيجة:** أبعاد طرفي المعادلة غير متطابقة.

**الاستنتاج:** المعادلة خطأ.

لاحظ أن: وجود نفس صيغة الأبعاد على طرفي المعادلة لا يضمن صحتها، ولكن اختلافها على طرفي المعادلة يؤكد خطأها.

## ركن التفكير

تخضع حركة جسم تحت تأثير الجاذبية للعلاقة التالية:

$$v_f = v_i + gt$$

اثبت صحة هذه العلاقة باستخدام صيغة الأبعاد. علماً بأن:  $g$  هي عجلة الجاذبية الأرضية،  $t$  الزمن،  $v_i$  السرعة النهائية،  $v_f$  السرعة الابتدائية.

**مضاعفات وكسور الوحدات في النظام العالمي**

في عملية القياس توصف الكمية الفيزيائية عادة برقم عددي ووحدة قياس، فمثلاً المسافة بين النجوم كبيرة جداً وتقدر بحوالى  $(100,000,000,000,000,000\text{m})$ . أما المسافة بين الذرات في الجوامد فتقدر بحوالى  $(0.000000001\text{m})$  لا شك أننا نجد صعوبة كبيرة في قراءة هذه الأرقام. لذلك يفضل التعبير عن هذه الأرقام وكتابتها باستخدام الرقم 10 مرفوعاً لأس معين، وبهذه الطريقة يمكن كتابة المسافة بين النجوم على الصورة  $(1 \times 10^{17}\text{m})$  والمسافة بين الذرات في الجوامد على الصورة  $(1 \times 10^{-9}\text{m})$  وتسمى هذه الطريقة في التعبير عن الكميات الفيزيائية بالصيغة المعيارية لكتابة الأعداد. وسمى المعامل  $10^{\pm x}$  بأسماء محددة تم الاتفاق عليها بين العلماء وهي موضحة بالجدول التالي:

$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^2$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	المعامل
جيجا	ميغا	كيلو	سنتي	مللي	ميكرو	نانو	المسمى
G	M	k	c	m	$\mu$	n	الرمز

**مثال محلول**

تيار كهربائي شدته 7 مللي أمبير (7 mA)، عبر عن شدة هذا التيار بوحدة الميكرو أمبير ( $\mu\text{A}$ ).

**الحل:**

من الجدول السابق نجد أن:  $1\text{ mA} = 10^{-3}\text{A}$

$1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$

بقسمة العلاقتين السابقتين ينتج أن:

$$\frac{1\text{ mA}}{1\text{ }\mu\text{A}} = 10^3$$

أي أن:  $1\text{ mA} = 10^3\text{ }\mu\text{A}$

وبضرب الطرفين في (7) نجد أن:  $7\text{ mA} = 7 \times 10^3\text{ }\mu\text{A}$

معنى هذا أن: 7 مللي أمبير = 7000 ميكرو أمبير.



## Measurement error

## خطأ القياس:

اهتم الإنسان عبر تاريخه بتحسين طرق القياس وتطوير أجهزته نظرًا للارتباط الواضح بين دقة عملية القياس والتقدم العلمي والتكنولوجي، ولا يمكن أن تتم عملية قياس بدقة (100 %)، ولكن لابد من وجود نسبة ولو بسيطة من الخطأ، فعند قياس طول غرفة مثلاً فإننا نجد أن هناك اختلافًا بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية، وقد يكون هذا الاختلاف طفيفاً أو كبيراً حسب دقة القياس.

## تدريب

طلب معلم من 5 طلاب قياس طول قلم رصاص، وكانت النتائج على النحو التالي:

الطالب	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس
نتيجة القياس	10.1 cm	10.0 cm	9.8 cm	10.0 cm	10.2 cm

← ماذا تستنتج من الجدول السابق؟

← اذكر الأسباب المحتملة التي نتجت عنها الأخطاء في القياس؟

← ما المسطرة الأدق في قياس طول القلم الرصاص؟ ولماذا؟



أ - مسطرة مدرجة 1 مم



ب - مسطرة مدرجة 1 سم

## مصادر الخطأ في القياس:

تعدد مصادر الخطأ عند قياس الكميات الفيزيائية المختلفة، ومن هذه المصادر:

١ اختيار أداة قياس غير مناسبة: من الأخطاء الشائعة اختيار أداة غير مناسبة للقياس، فمثلاً استخدام الميزان المعتاد بدلاً من الميزان الحساس لقياس كتلة خاتم ذهبي يؤدي إلى حدوث خطأ أكبر في القياس.

٢ وجود عيب في أداة القياس: قد يوجد عيب أو أكثر في أداة القياس، ومن أمثلة تلك العيوب في جهاز الأميتر على سبيل المثال:



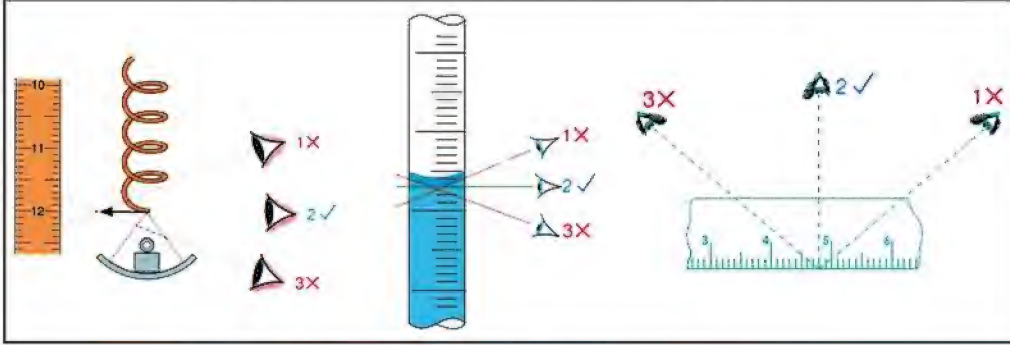
شكل (٧): جهاز أميتر قديم

- ♦ أن يكون الجهاز قديماً والمغناطيس بداخله أصبح ضعيفاً.
- ♦ ابتعاد مؤشر مقياس الأميتر عن صفر التدرج عند قطع التيار كما بالشكل.



٣ إجراء القياس بطريقة خطأ: كثيراً ما تنتج الأخطاء من المستجدين والأشخاص غير المدربين على إجراء القياس بدقة، ومن هذه الأخطاء:

- ◆ عدم معرفة استخدام الأجهزة متعددة التدرج مثل المليمتر.
- ◆ النظر إلى المؤشر أو التدرج بزاوية بدلاً من أن يكون خط الرؤية عمودياً على الأداة.



شكل (٨): ينبغي أن يكون خط الرؤية عمودياً على أداة القياس

٤ عوامل بيئية: مثل درجات الحرارة أو الرطوبة أو التيارات الهوائية فعند قياس كتلة جسم صغير باستخدام ميزان حساس قد تؤدي التيارات الهوائية إلى حدوث خطأ في عملية القياس؛ ولتجنب هذا الخطأ يوضع الميزان الحساس داخل صندوق زجاجي.

### حساب الخطأ في القياس:

قبل أن نبدأ في عرض كيفية حساب الخطأ في القياس لابد أن نميز أولاً بين نوعي القياس:

١ القياس المباشر: يتم فيه استخدام أداة واحدة للقياس؛ فمثلاً يمكن قياس كثافة سائل باستخدام أداة قياس واحدة تعرف بـ "الهيدروميتر".

٢ القياس غير المباشر: يتم فيه استخدام أكثر من أداة قياس، فيمكن قياس الكثافة عن طريق قياس الكتلة بالميزان وقياس الحجم بالمخبار المدرج، ثم حساب الكثافة بقسمة الكتلة على الحجم.



شكل (١٠): قياس الكثافة باستخدام الميزان والمخبار المدرج ينتج عنه خطاين في القياس.



شكل (٩): قياس الكثافة بطريقة مباشرة باستخدام الهيدروميتر ينتج عنه خطأ واحد في القياس.



وجه المقارنة	القياس المباشر	القياس غير المباشر
عدد عمليات القياس	يتم فيه إجراء عملية قياس واحدة.	يتم فيه إجراء أكثر من عملية قياس.
العمليات الحسابية	لا يتم التعويض في علاقة رياضية.	يتم التعويض في علاقة رياضية لحساب الكمية.
الأخطاء في القياس	يكون هناك خطأ واحد في عملية القياس.	يكون هناك عدة أخطاء في عملية القياس؛ لذا يحدث ما يعرف بتراكم للخطأ.
أمثلة	قياس الحجم باستخدام المخبر المدرج.	قياس الحجم بضرب الطول في العرض في الارتفاع.

## (١) - حساب الخطأ في حالة القياس المباشر:

شاهد تجربة على موقع الكتاب

قياس الكثافة بطريقتين.

الخطأ المطلق ( $\Delta x$ ): هو الفرق بين القيمة الحقيقية ( $x_0$ ) والقيمة

$$\Delta x = |x_0 - x| \quad \text{المقاسة } (x).$$

وتدل علامة المقياس | | على أن الناتج يكون دائماً موجبا حتى لو كانت الكمية الحقيقية أقل من الكمية المقاسة؛ لأن المهم هو معرفة مقدار الخطأ سواء كان بالزيادة أو النقصان فعلى سبيل المثال:  $|-8| = 8$

الخطأ النسبي ( $r$ ): هو النسبة بين الخطأ المطلق ( $\Delta x$ ) إلى القيمة الحقيقية ( $x_0$ ).  

$$r = \frac{\Delta x}{x_0}$$

## مثال محلول

قام أحد الطلاب بقياس طول قلم رصاص عمليا ووجد أنه يساوي ( $9.9 \text{ cm}$ ) وكانت القيمة الحقيقية لطول القلم تساوي ( $10 \text{ cm}$ )، بينما قام زميله بقياس طول الفصل ووجد أنه يساوي ( $9.13 \text{ m}$ ) في حين أن القيمة الحقيقية لطول الفصل تساوي ( $9.11 \text{ m}$ ) احسب الخطأ المطلق والخطأ النسبي في كل حالة.

## الحل:

$$\Delta x = |x_0 - x| = |10 - 9.9| = 0.1 \text{ cm}$$

في حالة الطالب الأول: حساب الخطأ المطلق

$$r = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.1}{10} = 0.01 = 1 \%$$

حساب الخطأ النسبي

في حالة الطالب الثاني: حساب الخطأ المطلق  $\Delta x = |x_0 - x| = |9.11 - 9.13| = |-0.02| \text{ m} = 0.02 \text{ m}$ 

$$r = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.02}{9.11} = 0.0022 = 0.22 \%$$

حساب الخطأ النسبي

ويمكن التعبير عن نتيجة عملية القياس على النحو التالي:

طول القلم الرصاص يساوي  $(10 \pm 0.1) \text{ cm}$ طول الفصل يساوي  $(9.11 \pm 0.02) \text{ m}$ 

نلاحظ فيما سبق أن الخطأ المطلق في قياس الفصل أكبر من الخطأ المطلق في قياس طول القلم وعلى الرغم من ذلك نجد أن الخطأ النسبي في قياس طول الفصل أقل، وهذا يدل على أن قياس طول الفصل أكثر دقة من قياس طول القلم.



**نتيجة:** يعتبر الخطأ النسبي هو الأكثر دلالة على دقة القياس من الخطأ المطلق، ويكون القياس أكثر دقة كلما كان الخطأ النسبي صغيراً.

### (٢) - حساب الخطأ في حالة القياس غير المباشر:

تختلف طريقة حساب الخطأ في حالة القياس غير المباشر، وذلك تبعاً للعلاقة الرياضية أثناء عملية الحساب.

العلاقة الرياضية	مثال	كيفية حساب الخطأ
الجمع	قياس حجم كميتين من سائل.	الخطأ المطلق = الخطأ المطلق في القياس الأول + الخطأ المطلق في القياس الثاني. $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$
الطرح	قياس حجم قطعة تقود بطرح حجم الماء قبل وضعها في مخبر مدرج من حجم الماء بعد وضعها في المخبر.	
الضرب	قياس مساحة مستطيل بقياس الطول وقياس العرض وإيجاد حاصل ضربهما.	الخطأ النسبي في القياس = الخطأ النسبي في القياس الأول + الخطأ النسبي في القياس الثاني. $r = r_1 + r_2$
القسمة	قياس كثافة سائل بقياس الكتلة والحجم ثم إيجاد حاصل قسمة الكتلة على الحجم.	

### أمثلة محلولة

١ احسب الخطأ النسبي والخطأ المطلق في قياس مساحة مستطيل (A) طوله  $6 \pm 0.1$  m وعرضه  $5 \pm 0.2$  m.

#### الحل:

$$r_1 = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.1}{6} = 0.017 \quad \text{حساب الخطأ النسبي في قياس الطول}$$

$$r_2 = \frac{\Delta y}{y_0} = \frac{0.2}{5} = 0.04 \quad \text{حساب الخطأ النسبي في قياس العرض}$$

$$r = r_1 + r_2 = 0.017 + 0.04 = 0.057 \quad \text{حساب الخطأ النسبي في قياس المساحة}$$

$$r = \frac{\Delta A}{A_0} \quad \text{وحيث أن}$$

فإنه يمكن حساب الخطأ المطلق ( $\Delta A$ ) بضرب الخطأ النسبي في المساحة الحقيقية ( $A_0$ )

$$\Delta A = r \times A_0 = (0.057) \times (5 \times 6) = 1.7 \text{ m}^2$$

وبناء على ما سبق تكون مساحة المستطيل هي  $A = (30 \pm 1.7) \text{ m}^2$



٢ في تجربة معملية لتعيين كمية فيزيائية (L) التي تتعين من جمع كميتين فيزيائيتين  $L_1$ ،  $L_2$ . إذا كانت:  
 $L_1 = (5.2 \pm 0.1) \text{ cm}$   $L_2 = (5.8 \pm 0.2) \text{ cm}$

احسب قيمة L؟

الحل:

$$L_0 = (5.2 + 5.8) = 11 \text{ cm}$$

حساب القيمة الحقيقية ل (L)

$$\Delta L = (0.1 + 0.2) = 0.3 \text{ cm}$$

حساب الخطأ المطلق

$$\therefore L = (11 \pm 0.3) \text{ cm}$$

٣ احسب الخطأ النسبي والخطأ المطلق في قياس حجم متوازي مستطيلات إذا كانت نتائج قياس أبعاده على النحو التالي:

البعد	الكمية المقاسة (cm)	الكمية الحقيقية (cm)
الطول (x)	4.3	4.4
العرض (y)	3.3	3.5
الارتفاع (z)	2.8	3

الحل:

أولاً: حساب الخطأ النسبي:

$$r_1 = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{|4.4 - 4.3|}{4.4} = 0.023$$

حساب الخطأ النسبي في قياس الطول

$$r_2 = \frac{\Delta y}{y_0} = \frac{|3.5 - 3.3|}{3.5} = 0.057$$

حساب الخطأ النسبي في قياس العرض

$$r_3 = \frac{\Delta z}{z_0} = \frac{|3 - 2.8|}{3} = 0.067$$

حساب الخطأ النسبي في قياس الارتفاع

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0.023 + 0.057 + 0.067 = 0.147$$

حساب الخطأ النسبي في قياس الحجم

ثانياً: حساب الخطأ المطلق:

حساب الحجم الحقيقي لمتوازي المستطيلات ( $V_0$ )

$$V_0 = x_0 y_0 z_0 = 4.4 \times 3.5 \times 3 = 46.2 \text{ cm}^3$$

$$r = \frac{\Delta V}{V_0}$$

$$\Delta V = r V_0$$

$$\Delta V = 0.147 \times 46.2 = 6.79 \text{ cm}^3$$



# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الأول

### القياس الفيزيائي

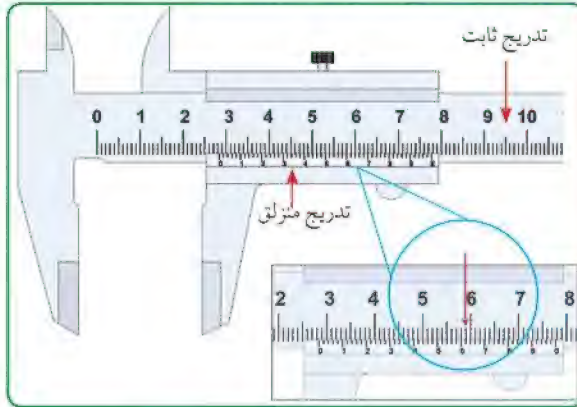
#### أولاً - التجارب العملية

##### قياس الأطوال:

##### فكرة التجربة:

يحتاج الإنسان إلى قياس أطوال مختلفة، بعضها كبير مثل طول سور حديقة، وبعضها صغير مثل سمك لوح معدني رقيق؛ لذلك تستخدم أدوات قياس مختلفة تناسب كل حالة.

**قياس الأطوال باستخدام القدمة ذات الورنية:**



تتكون القدمة ذات الورنية من تدريج منزلق (ورنية) يتحرك بمحاذاة تدريج آخر ثابت، ويقسم تدريج الورنية إلى عدة أقسام قيمة كل قسم أصغر قليلاً من قيمة القسم على التدريج الثابت.

**حيث إن:** القسم الواحد على التدريج الثابت =  $1 \text{ mm}$ ، (الوحدة  $\text{mm}$  تعني ميلليمتراً)، بينما القسم الواحد على التدريج المنزلق =  $0.9 \text{ mm}$ ، وبالتالي فإن القسم على التدريج المنزلق (الورنية) يقل بمقدار  $0.1 \text{ mm}$  عن نظيره الثابت، ولذلك تحسب قراءة الورنية بضرب عدد الأقسام في  $(0.1 \text{ mm})$ .

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

- في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:
- تقيس الأطوال بدقة.
- تعرف أدوات قياس الأطوال.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

- مهارة القياس.
- مهارة استخدام القدمة ذات الورنية
- (  $\frac{1}{100}$  من السنتيمتر).

#### المواد والأدوات :

- مسطرة مترية - شريط مترى - القدمة ذات الورنية - شريحة زجاجية - قلم رصاص.

## خطوات العمل:

- ١ يوضع الجسم بين فكي القدمة، ويضغط عليه ضغطاً خفيفاً.
- ٢ نقرأ التدريج الرئيسى الذى يسبق صفر الورنية، وليكن  $28 \text{ mm}$
- ٣ نبحث عن الخط بالورنية الذى ينطبق على قسم من أقسام التدريج الثابت، وليكن الخط السادس؛ لذلك نضيف ( $6 \times 0.1 = 0.6 \text{ mm}$ ) إلى القراءة السابقة، فيصبح الطول المقاس:  

$$28 \text{ mm} + 0.6 \text{ mm} = 28.6 \text{ mm}$$

## قياس أطوال مختلفة:

- ١ لمعرفة طول جسم ما لابد أولاً من تحديد أداة القياس المناسبة لقياس هذا الطول.

ضع علامة (✓) أمام أداة القياس المناسبة لقياس الأطوال التالية:

أداة القياس			الطول المراد قياسه
الشريط المترى	المسطرة	القدمة ذات الورنية	
			طول غرفة الفصل
			عرض الكتاب
			سمك شريحة زجاجية
			قطر القلم الرصاص

- ٢ بعد تحديد أداة القياس المناسبة يمكنك الآن استخدامها فى إجراء عملية القياس، ويفضل تكرار القياس عدة مرات وحساب المتوسط، وذلك لتحقيق الدقة فى القياس.

## النتائج:

نتائج القياس				الطول المراد قياسه
المتوسط	القياس الثالث	القياس الثانى	القياس الأول	
				طول غرفة الفصل
				عرض الكتاب
				سمك شريحة زجاجية
				قطر القلم الرصاص



## (٢) قياس مساحة الأسطوانة:

### فكرة التجربة:

الأسطوانة هي عبارة عن مجسم له قاعدتان متوازيتان ومتطابقتان، كل منهما عبارة عن سطح دائرة، أما السطح الجانبي فهو عبارة عن سطح منحني يسمى سطح أسطواني.

### كيفية حساب مساحة الأسطوانة:

إذا فرضنا أن نصف قطر قاعدة الأسطوانة هو  $(r)$ ، وارتفاعها  $(h)$  فإن:

➡ مساحة القاعدة =  $\pi r^2$

➡ المساحة الجانبية = محيط القاعدة  $\times$  الارتفاع =  $2\pi rh$



## الأمان والسلامة:



## نواتج التعلم المتوقعة:

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تعين مساحة الدائرة.
- تعين المساحة الجانبية للأسطوانة.
- تعين المساحة الكلية لجسم أسطواني.

## المهارات المرجو اكتسابها:

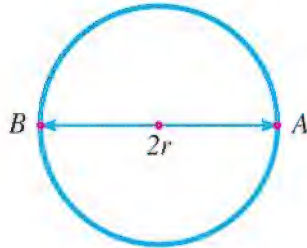
- الدقة في القياس.
- تناول الأدوات.

## المواد والأدوات:

علبة أسطوانية الشكل - ورق مقوى - مقص - ورق مربعات - مسطرة.

## (أ) تعيين مساحة قاعدة الأسطوانة.

### خطوات العمل:



١) ضع قاعدة الأسطوانة على ورقة المربعات، ثم حدد مكانها على الورقة بقلم رصاص بالدوران حول محيطها.

٢) ارفع الأسطوانة، ثم عين قطر قاعدة الأسطوانة  $(2r)$  باستخدام المسطرة المترية.

٣) احسب نصف القطر  $(r)$ ، ثم احسب مساحة الدائرة  $(\pi r^2)$ ، فتكون هي مساحة قاعدة الأسطوانة.

## (ب) تعيين المساحة الجانبية للأسطوانة:

### خطوات العمل:

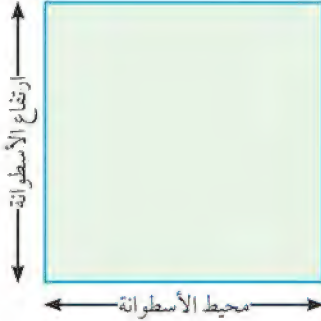
١) قس ارتفاع الأسطوانة، وليكن  $(h)$ .

٢) احسب محيط القاعدة من العلاقة: المحيط =  $2\pi r$

٣) المساحة الجانبية =  $2\pi r \times h$

## (ج) حساب المساحة الجانبية بطريقة أخرى.

## خطوات العمل:



- ١ لف الورق المقوى حول الأسطوانة لفة واحدة بدون أى زيادة.
- ٢ افرد الورق المقوى الذى لف الأسطوانة، فتحصل على مستطيل عرضه يمثل محيط الأسطوانة، وارتفاعه يمثل ارتفاع الأسطوانة.
- ٣ قس طول هذا المحيط.
- ٤ اضرب طول المحيط  $\times$  الارتفاع ، فتحصل على قيمة المساحة الجانبية للأسطوانة.

## النتائج:

- ١ طول القطر  $BA = 2r =$  .....
- ٢ طول نصف القطر  $= r =$  .....
- ٣ طول المحيط  $= 2\pi r =$  .....

## تحليل النتائج:

- ١ مساحة القاعدة  $= \pi r^2 =$  .....
- ٢ ارتفاع الأسطوانة  $= h =$  .....
- ٣ المساحة الجانبية  $= h \times 2\pi r =$  .....
- ٤ المساحة الكلية  $= 2\pi r^2 + 2\pi rh =$  .....

## ثانياً - الأنشطة التكوينية



- ١ اكتب بحثاً مدعماً بالصور التوضيحية عن بعض أدوات القياس فى المراحل التاريخية المختلفة، بحيث يتضمن البحث معلومات عن: التركيب - أساس العمل - كيفية الاستعمال.
- ٢ صمم ونفذ ميزان ذى كفتين باستخدام مواد من خامات البيئة، مثل: خيط، علبتين معدنيتين، ساق خشبية، مسامير.



- ٣ صمم ساعة رملية باستخدام مواد من خامات البيئة مثل: كمية من الرمل، زجاجتين مناسبتين، شريط لاصق، ساعة إيقاف.
- ٤ باستخدام شبكة المعلومات أو أى مصدر معلومات متاح لك، ابحث فى كيفية إجراء عمليات قياس غير تقليدية، مثل تعيين: بعد القمر عن الأرض، ومحيط الكرة الأرضية، وكتلة الكرة الأرضية، وكتلة الإلكترون.



## ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

١ ما الفرق بين الكمية الفيزيائية الأساسية والكمية الفيزيائية المشتقة؟

٢ اكتب القراءة الآتية مستخدماً الصيغة المعيارية في كتابة الأعداد:

١ كتلة الفيل تعادل  $5000 \text{ kg}$

ب سرعة الضوء في الفراغ تساوى تقريباً  $c = 300000000 \text{ m/s}$

٣ عرف كلاً من: معيار الطول ، معيار الكتلة ، معيار الزمن .

٤ أكمل الجدول التالي:

الكمية الفيزيائية	وحدة القياس	معادلة الأبعاد
السرعة		
	$\text{m/s}^2$	
		$\text{MLT}^{-2}$
الكثافة		

٥ إذا علمت أن: الشغل  $= \frac{1}{2} mv^2$ ، استنتج معادلة أبعاد الشغل.

٦ اذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام المسطرة المترية لقياس طول جسم ما.

٧ عبر عن المقادير التالية حسب الوحدة الموضحة أمام كل منها مستخدماً الصيغة المعيارية في كتابة الأعداد.

١  $\text{mg}$  بالكيلو جرام.

ب  $3 \times 10^{-9} \text{ s}$  بالمللي ثانية.

ج  $88 \text{ km}$  بالمتر.

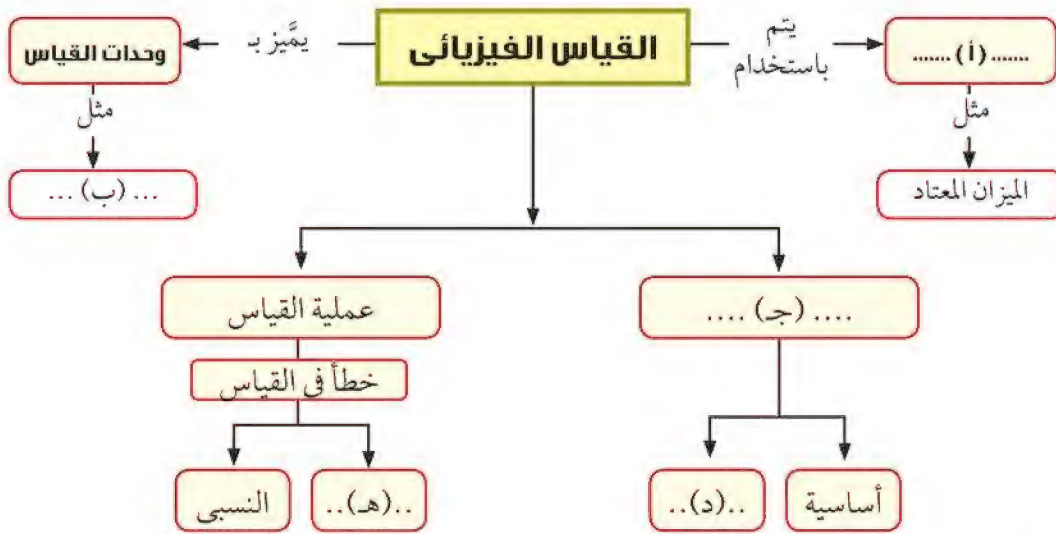




٨ إذا كان قطر شعرة رأس الإنسان في حدود  $0.05 \text{ mm}$ . فاحسب هذا القطر بالمتري.

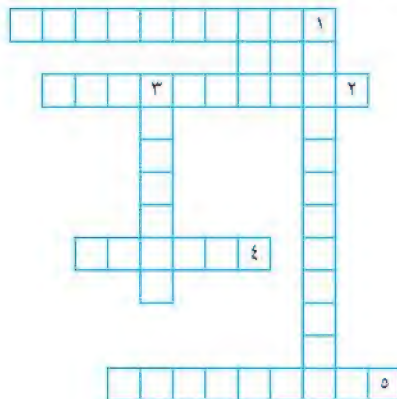
٩ جسم كتلته  $4.5 \text{ kg} \pm 0.1 \text{ kg}$  يتحرك بسرعة  $20 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$  احسب الخطأ في قياس كمية تحرك الجسم (كمية التحرك = الكتلة  $\times$  السرعة).

١٠ أكمل خريطة المفاهيم:



١١ حل الكلمات المتقاطعة التالية:

أفقيًا:



(١) كتلة أسطوانة من سبيكة البلاتين إيريديوم ذات أبعاد محددة محفوظة في المكتب الدولي للقياس.

(٢) كمية لا تعرف بدلالة كميات فيزيائية أخرى.

(٤) عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها لمعرفة عدد مرات احتواء الأولى على الثانية.

(٥) كمية فيزيائية تعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأساسية.

رأسيًا:

(١) المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتي ساق من سبيكة البلاتين - إيريديوم محفوظة عند درجة صفر سيليزيوس.

(٣)  $\frac{1}{86400}$  من اليوم الشمسي المتوسط.

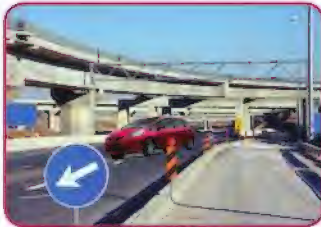


## الفصل الثاني

# الكميات القياسية والكميات المتجهة

## Scalar quantities & Vector quantities

إذا ذكرنا أن جسمًا درجة حرارته ( $37^{\circ}\text{C}$ ) فهذه معلومة كاملة، لكن إذا ذكرنا أن سيارة تتحرك بسرعة ( $50 \text{ km/h}$ ) فنحن ذكرنا المقدار ووحدة القياس ويبقى التساؤل: في أي اتجاه تتحرك السيارة؟ هل إلى الشرق أم إلى الغرب أم في أي اتجاه؟ عندئذ يمكن كتابة سرعة السيارة بصورة كاملة ( $50 \text{ km/h}$  شرقًا) وبهذا يكون قد تم تحديد المقدار والاتجاه معا ليكتمل المعنى فالسرعة لذلك كمية متجهة.



شكل (١٢): السرعة تعرف بمقدارها واتجاهها



شكل (١١): درجة الحرارة تعرف بمقدارها فقط

بناءً على ما سبق يمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

**أ** **كمية قياسية:** وهي كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها فقط وليس لها اتجاه. مثل: المسافة، الكتلة، الزمن، درجة الحرارة، الطاقة ...

**ب** **كمية متجهة:** وهي كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها واتجاهها معا. مثل: الإزاحة، السرعة، العجلة، القوة ...

عرض تفاعلي على موقع الكتاب



الفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.

### نواتج التعلم المتوقعة:

في نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.
- تتعرف الضرب القياسي للكميات المتجهة.
- تتعرف الضرب الاتجاهي للكميات المتجهة.

### مصطلحات الفصل:

- *Scalar quantity* كمية قياسية
- *Vector quantity* كمية متجهة
- *Distance* المسافة
- *Displacement* الإزاحة
- *Scalar Product (Dot Product)* الضرب القياسي
- *Vector Product (Cross Product)* الضرب الاتجاهي

### مصادر التعلم الإلكترونية:

➤ **موقع إلكتروني:**

الكميات القياسية والكميات المتجهة.  
<http://www.engaswan.com/15695-topic>

## Distance and Displacement

## ١- الفرق بين المسافة والإزاحة



شكل (١٣): توضيح الفرق بين المسافة والإزاحة

تعرف المسافة بأنها طول المسار المقطوع أثناء الحركة من موضع إلى آخر، وتعتبر المسافة كمية قياسية يلزم معرفة مقدارها فقط.

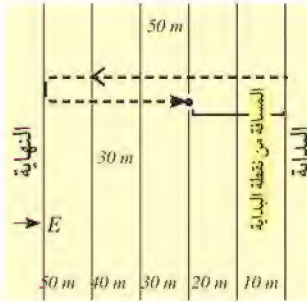


ويبين الرابط المقابل مفهوم الإزاحة:

"الإزاحة هي المسافة المستقيمة في اتجاه معين من نقطة بداية إلى نقطة نهاية".

## مثال محلول

تحرك عداء إزاحة مقدارها (50 m) غرباً ثم تحرك في عكس الاتجاه إزاحة مقدارها (30 m) شرقاً، احسب المسافة والإزاحة التي قطعها هذا العداء.



شكل (١٤): مسار حركة العداء

## الحل:

**أولاً:** المسافة المقطوعة:  $s = 50 + 30 = 80 \text{ m}$

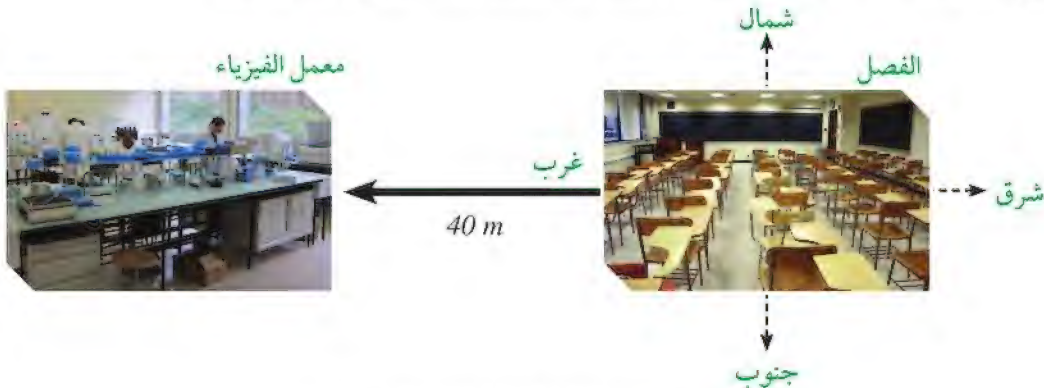
**ثانياً:** الإزاحة المقطوعة:  $d = +50 - 30 = +20 \text{ m}$

حيث اعتبرنا الإزاحة إلى الغرب موجبة والإزاحة إلى الشرق سالبة  
وتبين النتيجة أن الجسم حدث له في النهاية إزاحة مقدارها (20 m) في اتجاه الغرب.

## Representing vector quantities

## ٢- تمثيل الكميات المتجهة:

إذا طلب منك المعلم تحديد موقع معمل الفيزياء بالنسبة لموقع فصلك، فإنك ستقول مثلاً بأن المعمل يقع على بعد (40 m) غرباً من الفصل، وتسمى هذه الكمية متجه الموقع لمعمل الفيزياء.



شكل (١٥): مخطط يوضح تحديد موقع باستخدام المتجهات

من خلال المثال السابق تم تمثيل المتجه بقطعة مستقيمة موجهة طولها يتناسب مع قيمة المتجه، وتبدأ من نقطة البداية وتشير نحو نقطة النهاية، ويرمز عادة للمتجه بحرف داكن (A) أو بحرف عادي وفوقه سهم صغير ( $\vec{A}$ ).

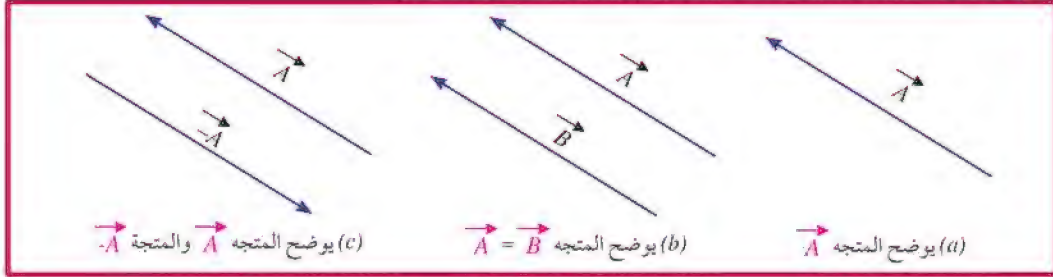


**التمثيل البياني للمتجهات:**

يتم تمثيل المتجهات برسم قطعة مستقيمة موجهة بمقياس رسم مناسب، بحيث:

♦ يمثل طول القطعة المستقيمة الموجهة مقدار الكمية المتجهة.

♦ يمثل اتجاه القطعة المستقيمة الموجهة اتجاه الكمية المتجهة.



شكل (١٦) التمثيل البياني للمتجهات.

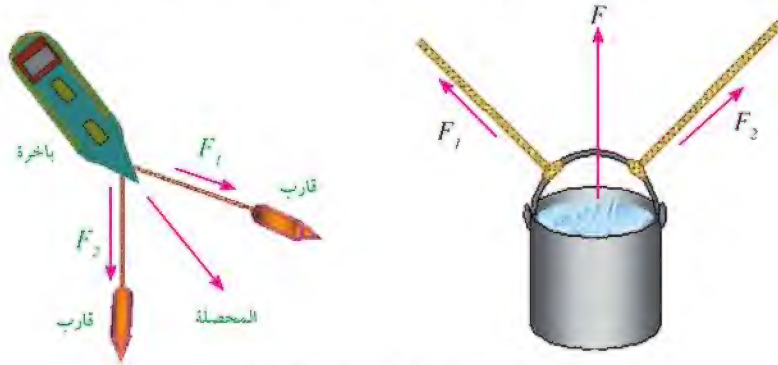
**بعض أساسيات جبر المتجهات:**

١) نعتبر أن المتجهين متساويين إذا تساوى في المقدار وكان لهما نفس الاتجاه وإن اختلفت نقطة البداية لكل منهما.

٢) المتجه  $\vec{A}$  هو متجه قيمته العددية تساوى القيمة العددية للمتجه  $-\vec{A}$  ولكن فى عكس اتجاهه. ماذا يحدث إذا ضربنا المتجه فى  $(-1)$  ؟

**محصلة (جمع) المتجهات:**

عندما تؤثر قوتان أو أكثر على جسم ما، ففى أى اتجاه نتوقع أن يتحرك الجسم؟ وما مقدار القوة التى تحركه؟



شكل (١٧) : القوة المحصلة من تأثير قوتين

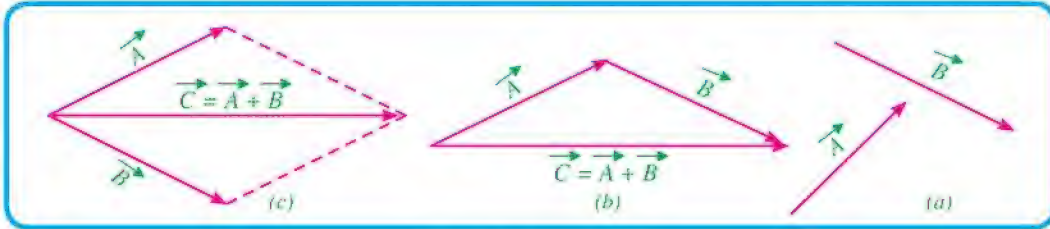
تسمى القوة التى تؤثر على جسم نتيجة تأثير عدة قوى بمحصلة القوى، ويحدد اتجاهها بالاتجاه الذى يتحرك فيه الجسم.

**القوة المحصلة:** هى قوة وحيدة تحدث فى الجسم الأثر نفسه الذى تحدثه القوى الأصلية المؤثرة عليه.



وبصورة عامة فإن جمع متجهين يتم بطريقتين:

- ♦ برسم المثلث كما في (شكل ١٨b).
- ♦ برسم متوازي أضلاع يكون فيه  $A$  و  $B$  ضلعين متجاورين فيكون القطر ممثلاً لمحصلة المتجهين، كما في (شكل ١٨c).



شكل (١٨): جمع المتجهات

### تطبيقات حياتية

حدد اتجاه محصلة القوتين  $F_1$  و  $F_2$  في كل صورة بفرض تساوى القوتين، وإذا علمت أن هناك قوة ثالثة مساوية في المقدار للقوة المحصلة ومضادة لها في الاتجاه تؤثر على نفس الجسم، هل يتحرك الجسم في كل صورة؟ ولماذا؟



### مثال محلول

أوجد محصلة قوتين إحداهما في اتجاه محور ( $x$ ) وهى ( $F_x = 4\text{ N}$ ) والأخرى في اتجاه محور ( $y$ ) هى ( $F_y = 3\text{ N}$ ) كما هو مبين بالرسم.

**الحل:**

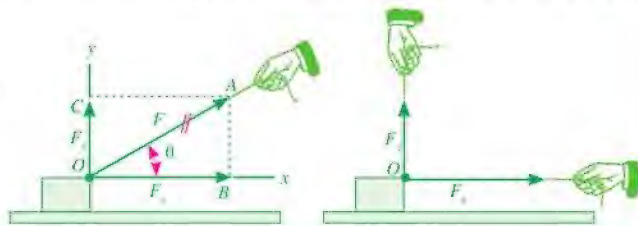
نكمل متوازي الأضلاع فنحصل على مستطيل لأن القوتين متعامدتان. ثم نصل القطر فيمثل المحصلة  $F$  كما هو مبين. بتطبيق نظرية فيثاغورس نجد أن المحصلة  $F$  يمكن إيجاد القيمة العددية لها من العلاقة:

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2 = 16 + 9 = 25$$

$$\therefore F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{25} = 5\text{ N}$$

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \theta = 36.87^\circ$$



(إيجاد محصلة قوتين)

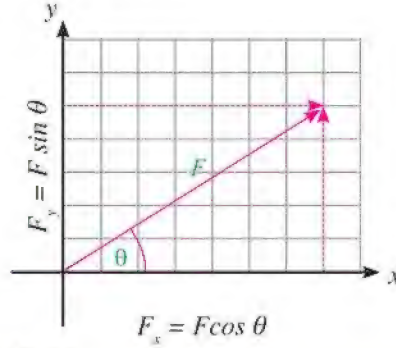


### تحليل المتجه:

يعتبر تحليل المتجه هو العملية العكسية لجمع المتجهات، ففي الشكل التالي طفلة تجر أخرى بواسطة حبل في اتجاه يصنع زاوية ( $\theta$ ) مع الأفقى، ويمكن تحليل القوة ( $F$ ) إلى قوتين متعامدتين على محوري ( $x, y$ ) وبالتالي:

$$F_x = F \cos \theta$$

$$F_y = F \sin \theta$$



شكل (١٩): تحليل القوة

### Product of vectors

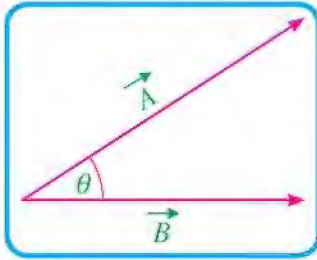
### ٣- ضرب المتجهات

توجد صور مختلفة لضرب المتجهات منها:

#### أولاً: الضرب القياسي

حاصل الضرب القياسي بين متجهين  $\vec{A}$ ،  $\vec{B}$  يساوى:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$



شكل (٢٠): المتجهين  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$

ويكون الناتج كمية قياسية تساوى حاصل ضرب القيمة العددية للأول ( $A$ ) فى القيمة العددية للثانى ( $B$ ) فى جيب تمام الزاوية بين المتجهين ( $\cos \theta$ ). وتسمى النقطة بين المتجهين dot.

#### ثانياً: الضرب الاتجاهى

الضرب الاتجاهى بين متجهين  $\vec{A}$ ،  $\vec{B}$  يساوى:

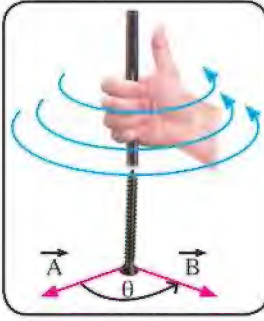
$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = AB \sin \theta \vec{n}$$

أى يساوى حاصل ضرب القيمة العددية للمتجه الأول ( $A$ ) فى القيمة العددية للمتجه الثانى ( $B$ ) فى جيب الزاوية بينهما ( $\sin \theta$ ) فى  $\vec{n}$ .

حيث:  $\vec{n}$  وحدة متجهات فى اتجاه عمودي على المستوى الذى يشمل المتجهين  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$

ومعنى ذلك أن المتجه  $\vec{C}$  الناتج يكون فى اتجاه  $\vec{n}$  العمودى على المستوى الذى يجمع المتجهين  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  وتسمى العلامة ( $\wedge$ ) بين المتجهين Cross. ويحدد اتجاه  $\vec{C}$  بقاعدة تسمى "قاعدة اليد اليمنى" شكل (٢١)، وذلك بتحريك أصابع اليد اليمنى من المتجه الأول نحو المتجه الثانى عبر الزاوية الأصغر بينهما،





شكل (٢١) : طريقة تحديد اتجاه حاصل الضرب الاتجاهي «قاعدة اليد اليمنى»

فيكون الإبهام مشيرًا لاتجاه حاصل الضرب الاتجاهي لهما.

ويلاحظ أنه في حالة الضرب الاتجاهي يكون:

$$\begin{aligned} \vec{A} \wedge \vec{B} &= -\vec{B} \wedge \vec{A} \\ \vec{A} \wedge \vec{A} &= \vec{0} \\ \vec{B} \wedge \vec{B} &= \vec{0} \end{aligned}$$

### مثال محلول

$$A = 5$$

$$B = 10$$

إذا كانت القيمة العددية للمتجهين  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  هي:

$$\vec{A} \wedge \vec{B}$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B}$$

أوجد قيمة كل من:

علما بأن الزاوية بينهما تساوي  $60^\circ$

$$\cos 60 = 0.5$$

$$\sin 60 = 0.866$$

**الحل:**

أولاً:

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = 5 \times 10 \times 0.5 = 25$$

ثانياً:

$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = AB \sin \theta \vec{n} = (5 \times 10 \times 0.866) \vec{n}$$

$$\vec{C} = 43.3 \vec{n}$$

حيث  $\vec{C}$  متجه القيمة العددية تساوي 43.3 في الاتجاه  $\vec{n}$  العمودي على المستوى الذي يشمل المتجهان  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$

### زيارة ميدانية:



تعتبر مصلحة الدمغة والموازين إحدى بيوت الخبرة في جمهورية مصر العربية بالنسبة لإجراء المعاينة والمعايرة القانونية لأجهزة وآلات وأدوات الوزن والقياس والكيل، كما تختص بعمليات

الرقابة والتفتيش، ويوجد لها (54) فرع في كافة محافظات الجمهورية، قم بزيارة ميدانية لفرع المصلحة الموجود في محافظتك. كما يمكنك زيارة المعهد القومي للمعايير والقياس بمحافظه الجيزة والذي يقوم بتطوير المعايير القومية للقياسات الفيزيكية والعمل على استمرار مطابقتها للمعايير الدولية.

# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الثاني

### الكميات القياسية والكميات المتجهة

#### أولاً - التجارب العملية:

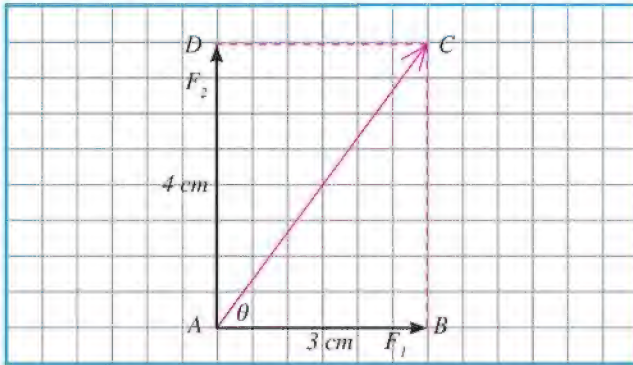
##### إيجاد محصلة قوتين:

$$F_1 = 3 \text{ N}$$

أوجد محصلة القوتين المتعامدتين

$$F_2 = 4 \text{ N}$$

##### خطوات العمل:



١ ارسم على ورقة المربعات خطاً أفقياً  $(AB)$  طوله  $(3 \text{ cm})$  يمثل القوة الأولى.

٢ ارسم في اتجاه عمودي على الخط الأول من النقطة  $(A)$  خطاً  $(AD)$  على ورقة المربعات طوله  $(4 \text{ cm})$  يمثل القوة الثانية.

٣ أكمل المستطيل.

٤ صل القطر  $(AC)$ ، فيمثل المحصلة مقداراً واتجاهاً.

٥ قس طول المستقيم  $(AC)$ ، فيمثل مقدار المحصلة.

٦ قس قيمة الزاوية  $(BAC)$  التي تحدد اتجاه المحصلة بالنسبة للقوة الأولى  $(F_1)$ .

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادراً على أن:  
توجد محصلة قوتين متعامدتين.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

مهاره استخدام الأدوات الهندسية.  
رسم محصلة قوتين وإيجاد قيمتها.

#### المواد والأدوات :

ورقة مربعات - فرجار - منقلة -  
مسطرة مدرجة.



٧ احسب قيمة المحصلة من علاقات المثلث قائم الزاوية ، حيث  $(AC^2 = AB^2 + BC^2)$

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2$$

٨ قارن النتيجة لمحصلة القوتين.

### ثانياً - الأنشطة التقويمية



ما القوى المؤثرة على هذا الكائن؟

١ صمم ألبوم صور يوضح تأثير عدة قوى على أجسام مختلفة، وتعاون مع زملائك في تحديد اتجاه القوى المحصلة في كل صورة.

٢ اكتب قائمة بالكميات القياسية وأخرى بالكميات المتجهة شائعة الاستخدام في حياتنا اليومية.

٣ اكتب بحثاً عن أهمية علم الرياضيات في دراسة الفيزياء مستشهداً بموضوع الضرب القياسي والضرب الاتجاهي.

### ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

١ ما الفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة؟

٢ ما المقصود بأن إزاحة السيارة (500 m) شمالاً؟

٣ احسب حاصل الضرب القياسي، والاتجاهي لمتجهين  $AB = 8 N$  ,  $AD = 6 N$  والزاوية بينهما  $(\theta = 45^\circ)$

٤ استعن بالمسطرة والمنقلة لإيجاد محصلة متجهين يخرجان من نقطة واحدة، مقدار الأول (3cm) ومقدار الآخر (4cm) والزاوية بين اتجاهيهما  $(115^\circ)$





٥ متى يكون المجموع الاتجاهي لعدة متجهات مساويًا للصفر؟

.....

.....

.....

٦ متى يكون حاصل طرح متجهين مساويًا للصفر؟

.....

.....

.....

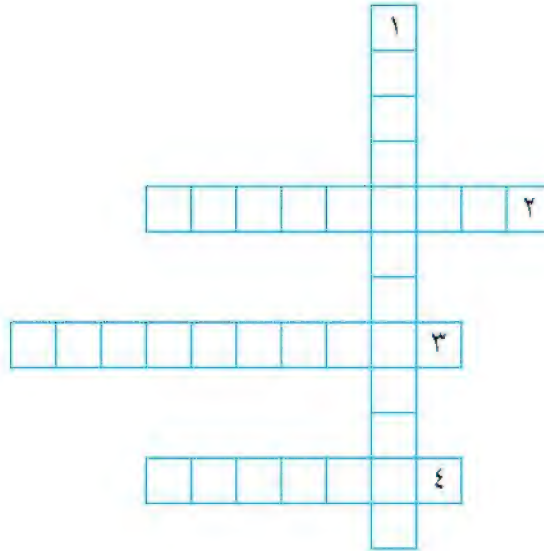
٧ متى يكون حاصل الضرب القياسي لمتجهين مساويًا للصفر؟

.....

.....

.....

٨ أكمل الكلمات المتقاطعة:



أفقياً

(٢) كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها واتجاهها معاً.

(٣) كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها فقط.

(٤) المسافة المستقيمة في اتجاه معين من نقطة بداية إلى نقطة نهاية.

رأسياً

(١) قوة وحيدة تحدث في الجسم الأثر نفسه الذي تحدثه القوة الأصلية المؤثرة عليه.



## تدريبات عامة على الباب الأول

اسئلة تقويمية:

١ تخير الإجابة الصحيحة مما يأتي:

١ الكمية المشتقة فيما يلي هي:

(الطول - الكتلة - الزمن - السرعة)

٢ في النظام الدولي يتخذ الأمبير وحدة أساسية لقياس:

(شدة التيار الكهربى - الشحنة الكهربائية - الطول - شدة الإضاءة)

٣ معادلة أبعاد العجلة هي:

$$(LT - LT^{-1} - LT^{-2} - L^2T^{-1})$$

٤ اكتب معادلة أبعاد كل من: القوة - الشغل - الضغط (يساوى القوة على المساحة).

٥ اكتب القراءات الآتية مستخدماً الصيغة المعيارية فى كتابة الأعداد:

١ نصف قطر الكرة الأرضية =  $6000000m$ ٢ نصف قطر ذرة الهيدروجين =  $0.0000000005m$ 

٣ ما الفرق بين مفهوم المسافة ومفهوم الإزاحة؟ وضح بمثال.

٤ احسب المسافة والإزاحة عندما يتحرك جسم على محيط

دائرة نصف قطرها  $(7m)$  من  $(A)$  إلى  $(B)$ ، وما مقدار الإزاحةوالمسافة عندما يعود مرة أخرى إلى  $(A)$ .٥ أوجد محصلة القوتين المتعامدتين  $(F_1, F_2)$  مقداراً واتجهاً

(علماً بأنهما يخرجان من نقطة واحدة):

$$F_1 = 8 N$$

$$F_2 = 6 N$$

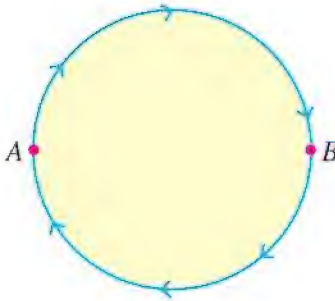
وضح الإجابة برسم المتجهات.

٦ مكعب طول ضلعه  $(5 cm)$  أوجد الخطأ النسبى فى تقدير حجمهإذا علمت أن الخطأ النسبى فى تقدير الطول كان  $(0.01)$ ، وأوجد

أيضاً قيمة الخطأ المطلق فى هذه الحالة.

٧ اذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام المسطرة

المترية لقياس طول جسم ما.



٩ في امتحان مادة الفيزياء ، كتب طالب المعادلة التالية:

(السرعة بوحدة  $m/s$ ) = (العجلة بوحدة  $m/s^2$ )  $\times$  (الزمن بوحدة  $s$ ) استخدم معادلة الأبعاد لإثبات صحة هذه العلاقة.

١٠ وضع أينشتاين معادلته الشهيرة  $E = mc^2$  حيث  $c$  سرعة الضوء و  $m$  الكتلة. استخدم هذه المعادلة لاستنتاج وحدات النظام الدولي SI للمقدار  $(E)$ .

١١ مستعينًا بمعادلات الأبعاد للكميات الفيزيائية ، أثبت صحة العلاقة:  $v_f^2 = v_i^2 + 2 a d$  حيث  $d$  الإزاحة التي يقطعها جسم متحرك بسرعة ابتدائية  $(v_i)$  وعجلة منتظمة  $(a)$  حتى يصل إلى سرعة نهائية  $v_f$

١٢  $\vec{A}$  ،  $\vec{B}$  متجهان الزاوية بينهما  $120^\circ$ . مقدار  $(\vec{A})$  يساوى (3) وحدات، ومقدار  $(\vec{B})$  يساوى (5) وحدات أوجد:

أ حاصل الضرب القياسي لهما. ب حاصل الضرب الاتجاهي لهما.

١٣ نصف قطر كوكب Saturn يساوى  $5.85 \times 10^7 m$  وكتلته  $5.68 \times 10^{26} kg$

أ احسب كثافة مادة الكوكب بوحدة  $g/cm^3$ .

ب احسب مساحة سطح الكوكب بوحدة  $m^2$  (مساحة السطح  $= 4 \pi r^2$ )

١٤ سفينة تمر في اتجاه الشمال بسرعة  $12 km/h$  ، لكنها تنحرف نحو الغرب بتأثير المد والجزر بسرعة قدرها  $15 km/h$  . احسب مقدار واتجاه السرعة المحصلة للسفينة.

١٥ راكب دراجة بخارية ينطلق نحو الشمال بسرعة  $80 km/h$  ، بينما تهب الرياح في اتجاه الغرب بسرعة قدرها  $50 km/h$  . احسب سرعة الرياح الظاهرية كما يلاحظها راكب الدراجة.

١٦ إذا كان  $x = (5 \pm 0.1) cm$  ،  $y = (10 \pm 0.2) cm$  احسب كل من:

أ  $xy^2$

ب  $xy$

ج  $2x + y$

د  $x + y$





## ملخص الباب

أولاً: المفاهيم الرئيسية:

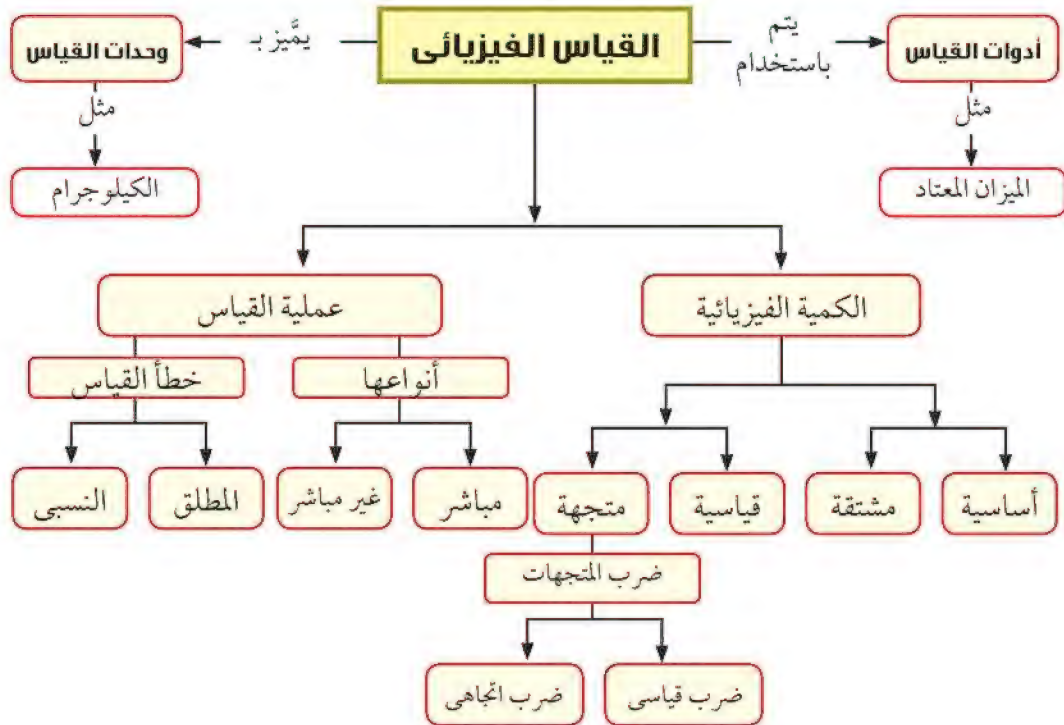
- ◇ **عملية القياس:** هي مقارنة مقدار كمية فيزيائية بكمية أخرى من نفس النوع لمعرفة عدد مرات احتواء الكمية الأولى على الثانية.
- ◇ **الخطأ المطلق:** هو الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة.
- ◇ **الخطأ النسبي:** هو النسبة بين الخطأ المطلق والقيمة الحقيقية للكمية الفيزيائية المقاسة.
- ◇ **الكمية القياسية:** هي كمية تعرف بمقدارها فقط مثل المسافة والزمن ودرجة الحرارة.
- ◇ **الكمية المتجهة:** هي كمية تعرف بمقدارها واتجاهها معا مثل الإزاحة والسرعة والعجلة والقوة.

ثانياً: العلاقات الرئيسية:

- ◇ **الضرب القياسي:**  $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$  حيث  $\theta$  الزاوية بين المتجهين.
- ◇ **الضرب الاتجاهي:**  $\vec{A} \wedge \vec{B} = AB \sin \theta \vec{n}$ ، حيث  $\vec{n}$  وحدة متجهات في اتجاه عمودي على المستوى الذى يجمع  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$



## خريطة الباب



## الباب الثاني

# الحركة الخطية

## Linear Motion

### فصول الباب

الفصل الأول : الحركة في خط مستقيم

الفصل الثاني : الحركة بعجلة منتظمة

الفصل الثالث : القوة والحركة



## مقدمة الباب

من المهم في حياتنا اليومية ونحن نتابع الأجسام المتحركة بدءاً من الدراجات والسيارات والطائرات ... أن نفهم كيف تتحرك ، وما الذي يسيطر عليها؟ وكيف يمكن الاستفادة من كل ذلك؟ لهذا سيركز هذا الباب على دراسة حركة الأجسام وكيفية التحكم فيها، فندرس المفاهيم الأساسية المرتبطة بالحركة في خط مستقيم ومعادلات الحركة بعجلة منتظمة، والسقوط الحر، وحركة المقذوفات، كما نستعرض قوانين نيوتن للحركة وبعض تطبيقاتها.

### أهداف الباب

في نهاية هذا الباب تكون قادراً على أن:

- تضع تعريفاً لمفهوم الحركة في خط مستقيم (الحركة المستقيمة).
- تعرف أنواع الحركة.
- ترسم وتفسر الأشكال البيانية التي توضح العلاقة بين الإزاحة والزمن - السرعة والزمن.
- تفرق بين أنواع السرعات المختلفة وتقارن بينها.
- تستنتج معادلات الحركة بعجلة منتظمة.
- تستقصى وتفسر وتحلل الأشكال البيانية المختلفة والمتعلقة بالحركة الخطية.
- تعرف حركة الأجسام بالسقوط الحر.
- تستنتج الحركة في بعدين مثل: حركة المقذوفات.
- تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.
- تطبق العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة.
- تفسر ظاهرة الفعل ورد الفعل.

### عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

### الجوانب الوجدانية المتضمنة

- التفسير العلمي.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- التطبيق.
- تقدير جهود كل من جاليليو ونيوتن في اكتشاف قوانين الحركة.
- الوعي بخطورة حركة السيارات بسرعات كبيرة.
- تقدير دور العلم وتطبيقاته في تطور وسائل النقل المختلفة ودراسة حركتها.



## الفصل الأول

# الحركة فى خط مستقيم

## Motion in a Straight Line

إذا تأملنا الأجسام من حولنا، فسنجد أن بعضها ثابت وبعضها متحرك، ومن الضروري ونحن نتابع حركة الأجسام المختلفة أن نفهم ونصف تلك الحركة، ففي حالة غياب طرق لوصف الحركة وتحليلها يتحول السفر بواسطة السفن، والقطارات، والطائرات إلى فوضى فالأزمة والسرعات هي التي تحدد جداول مواعيد انطلاق ووصول وسائل النقل على اختلافها، وبناء على ما سبق نحاول في هذا الفصل التعرف على مفهوم الحركة والكميات الفيزيائية اللازمة لوصفها.

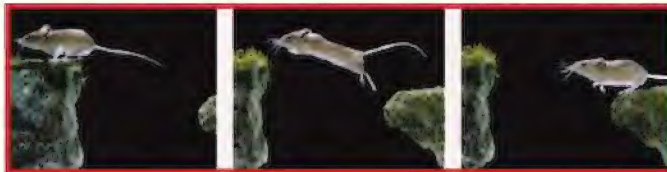


شكل (١): ما تأثير دراسة الحركة على وسائل النقل المختلفة؟

### Motion

### ١- الحركة

يوضح الشكل التالى شريطاً سينمائياً يحدد مواضع فأر خلال فترات زمنية متساوية، هل الفأر متحرك أم ساكن؟



شكل (٢): يتغير موضع الفأر بمرور الزمن

### نواحي التعلم المتوقعة :

- في نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:
- تضع تعريفاً لمفهوم الحركة فى خط مستقيم.
- تشرح أنواع الحركة.
- ترسم وتفسر الأشكال البيانية التى توضح العلاقة بين الإزاحة والزمن - السرعة والزمن.
- تفرق بين أنواع السرعات المختلفة وتقارن بينها.
- تستقصي وتفسر وتحلل الأشكال البيانية المختلفة والمتعلقة بالحركة الخطية.

### مصطلحات الفصل :

- الحركة Motion
- السرعة العددية Speed
- السرعة المتجهة Velocity
- السرعة المنتظمة Uniform velocity
- السرعة اللحظية Instantaneous velocity
- العجلة Acceleration

### مصادر التعلم الإلكترونية:

- فيلم تعليمي: حساب السرعة من العلاقة بين (الإزاحة - الزمن).

[http://www.youtube.com/watch?v=SkWFD\\_F5jd4](http://www.youtube.com/watch?v=SkWFD_F5jd4)





الحركة هي التغير الحادث في موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر، فعندما يتغير موضع جسم خلال فترة من الزمن يكون الجسم قد تحرك، وإذا كانت الحركة في اتجاه واحد، أي تأخذ مسارًا مستقيمًا سميت الحركة عندئذ بالحركة في خط مستقيم وهي تمثل أبسط أنواع الحركة.

شكل (٣): حركة القطار تعد مثالاً للحركة في خط مستقيم ففي كثير من المناطق لا تغير قضبان السكة الحديد اتجاهها لمسافات طويلة

#### أضف إلى معلوماتك



**مخطط الحركة:** يمكن تمثيل حركة جسم بالتقاط سلسلة من الصور المتتالية له في فترات زمنية متساوية، ويمكن تجميع هذه الصور في صورة واحدة تسمى بـ "مخطط الحركة".

#### أنواع الحركة:

يمكن تصنيف الحركة إلى نوعين رئيسيين، هما: الحركة الانتقالية، والحركة الدورية.



شكل (٥): الحركة الدورية



شكل (٤): الحركة الانتقالية

#### تنمية عمليات العلم

صنف حركة الأجسام التالية إلى انتقالية ودورية:

- ❖ حركة بندول الساعة.
- ❖ حركة المقذوفات.
- ❖ حركة القطارات.
- ❖ حركة فرع الشوكة الرنانة.

❖ **الحركة الانتقالية:** هي حركة تتميز بوجود نقطة بداية ونقطة نهاية

مثل: الحركة في خط مستقيم وحركة المقذوفات وحركة وسائل المواصلات.

❖ **الحركة الدورية:** هي حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية،

مثل: الحركة في دائرة والحركة الاهتزازية .



## ٢- السرعة

## Velocity

تتحرك الأجسام من حولنا فنصف بعضها بأنه بطيء وبعضها الآخر بأنه سريع، إلا أن هذه الأوصاف لا تكون دقيقة من الناحية العلمية، فلو صف حركة جسم لا بد من تقديرها بصورة كمية، من خلال مفهوم "السرعة".  
للتعرف على معنى "السرعة" ادرس مخطط الحركة التالي لحساب الإزاحة التي يقطعها الرياضي في الثانية الواحدة.



شكل (٦): مخطط يوضح حركة رياضي

من دراسة هذا المخطط يمكن رصد العلاقة بين الإزاحة والزمن في الجدول التالي:

الزمن (s)	0	1	2	3	4	5	6
الإزاحة (m)	0	5	10	15	20	25	30

ومن الجدول يمكن أن نتوصل إلى أن هذا الشخص يقطع إزاحة مقدارها (5 m) كل ثانية، ويعرف هذا المقدار بالسرعة (v)، والتي تحسب من العلاقة:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad , \quad \text{السرعة} = \frac{\text{التغير في الإزاحة}}{\text{زمن التغير}}$$

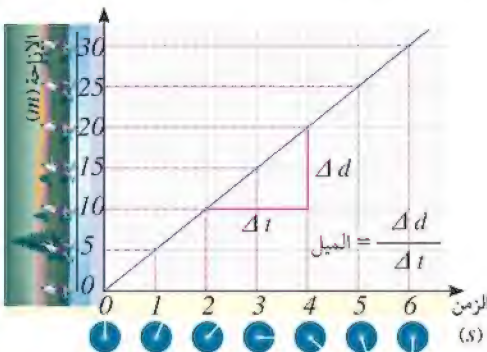
وبتطبيق هذه العلاقة على المثال السابق تحسب السرعة على النحو التالي:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = \frac{5}{1} = 5 \text{ m/s}$$

**السرعة:** هي الإزاحة التي يقطعها الجسم في الثانية الواحدة، أو هي المعدل الزمني للتغير في الإزاحة، وتقاس السرعة بوحدة متر / ثانية (m/s) أو كيلومتر / ساعة (km/h).

## تمثيل العلاقة بين الإزاحة والزمن بيانياً:

يمكن تمثيل العلاقة بين الإزاحة (على المحور الرأسى) والزمن (على المحور الأفقى) على النحو التالي:



♦ ارسم خطاً رأسياً يمر بالنقطة (1s) على محور الزمن.

♦ ارسم خطاً أفقياً يمر بالنقطة (5 m) على محور الإزاحة.

♦ حدّد نقطة تقاطع الخط الرأسى مع الخط الأفقى.

♦ كرر الخطوات السابقة مع باقى نقاط الزمن والإزاحة.

♦ ارسم أفضل خط مستقيم يمر بنقاط التقاطع.

♦ حدد السرعة بحساب ميل الخط المستقيم (slope)

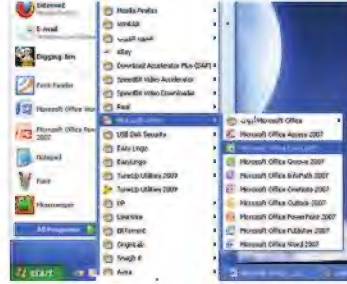


## مصادر التعلم الإلكترونية:

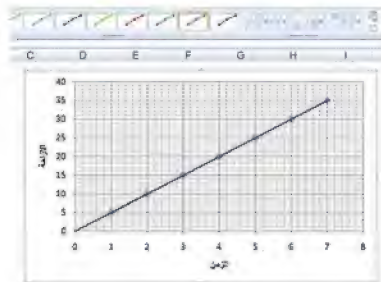
تمثيل العلاقة بين الإزاحة والزمن باستخدام الحاسب الآلي:

	الزمن	الإزاحة
0	0	0
1	1	5
2	2	10
3	3	15
4	4	20
5	5	25
6	6	30

(٢) أدخل بيانات الزمن في العمود الأول، ثم بيانات الإزاحة في العمود الثاني ثم قم بتظليل البيانات.



(١) افتح برنامج الإكسل excel ثم اختر أمر إدراج مخطط.



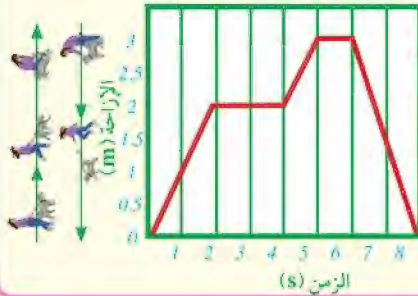
(٤) يظهر لك الشكل النهائي للرسم البياني، ومنه احسب السرعة بحساب الميل.



(٣) اختر أمر إدراج ثم حدد نوع الرسم البياني المفضل باللون الأحمر.

## ركن التفكير:

يعبر الشكل البياني عن حركة فتاة بداية من منزلها حتى عودتها مرة أخرى، ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:



- متى توقفت الفتاة؟
- ما أكبر سرعة تحركت بها الفتاة؟
- لماذا تكون سرعة عودتها سالبة؟
- ما الفرق بين الإزاحة والمسافة التي تقطعهما الفتاة؟

## أنواع السرعة:

## (أ) السرعة العددية والسرعة المتجهة Speed &amp; Velocity:

عندما تتركب السيارة يمكنك أن تلاحظ وجود عداد أمام السائق يتحرك مؤشره يميناً ويساراً، ويحدّد هذا العداد مقدار سرعة السيارة (مثلاً 80 km/h) ولا يفيدنا بأي شيء في تحديد اتجاه حركتها. ويسمى هذا المقدار بالسرعة العددية (Speed).



شكل (٧): هل يقيس عداد السيارة سرعة عددية أم متجهة؟ ولماذا؟



وعندما نقول إن سيارة تسير بسرعة  $80 \text{ km/h}$ ، يعد هذا وصفًا ناقصًا، إذ لم نعلم في أى اتجاه تسير السيارة. وحتى يتم وصف سرعة السيارة وصفًا كاملاً، علينا أن نحدد اتجاه حركتها، كأن نقول إن السيارة المذكورة تسير بسرعة  $80 \text{ km/h}$  نحو الشرق، وتسمى السرعة في هذه الحالة بالسرعة المتجهة (*Velocity*).

وجه المقارنة	السرعة العددية	السرعة المتجهة
التعريف	هى المسافة التى يقطعها الجسم فى وحدة الزمن.	هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى وحدة الزمن.
نوع الكمية	قياسية: تحدد بالمقدار فقط.	متجهة: تحدد بالمقدار والاتجاه.
الإشارة	دائماً تكون موجبة.	تكون موجبة إذا تحرك الجسم فى اتجاه معين وسالبة إذا تحرك فى عكس هذا الاتجاه.

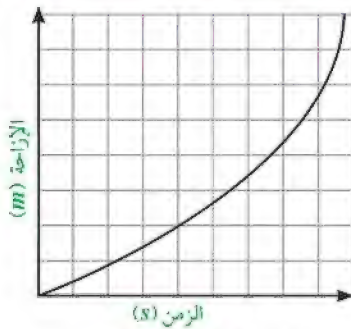
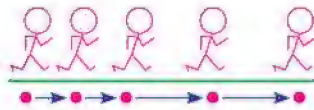
وتجدر الإشارة إلى أن مصطلح "السرعة" الذى سيتم استخدامه فيما يلى (من نصوص ومسائل ومعادلات حركة) يقصد به السرعة المتجهة، وليس السرعة العددية وذلك لأن السرعة المتجهة هى التى تصف حركة الجسم وصفاً تاماً.

#### (ب) السرعة المنتظمة والسرعة المتغيرة Uniform Velocity and Variable Velocity

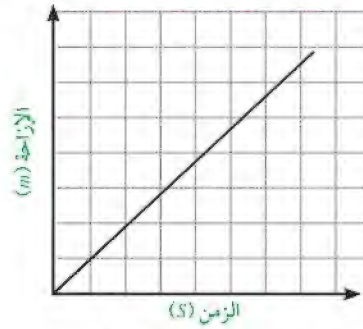
عندما يتحرك عداد بسرعة منتظمة فإن الإزاحة بين المواقع تكون متساوية فى الأزمنة المتساوية، أما إذا تحرك بسرعة غير منتظمة فإن الإزاحة بين المواقع تكون غير متساوية فى الأزمنة المتساوية.

**السرعة المنتظمة:** هى السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات متساوية فى أزمنة متساوية، ويكون الجسم متحركاً بمقدار ثابت وفى خط مستقيم (اتجاه ثابت).

**السرعة المتغيرة:** هى السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات غير متساوية فى أزمنة متساوية، وتكون السرعة متغيرة فى المقدار أو الاتجاه.



شكل (٩): الحركة بسرعة متغيرة



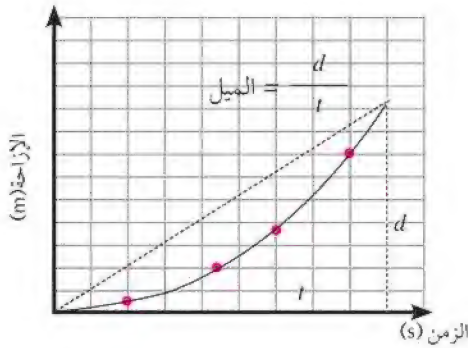
شكل (٨): الحركة بسرعة منتظمة



**Instantaneous Velocity & Average Velocity السرعة اللحظية والسرعة المتوسطة (ج)**

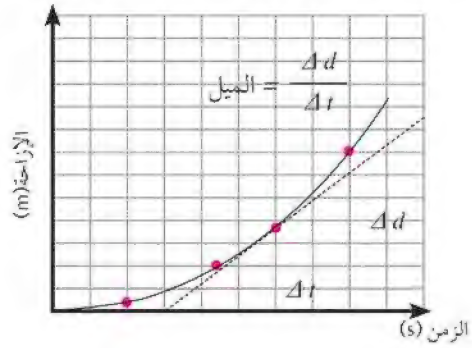
إذا تأملنا حركة سيارة على طريق فإننا نلاحظ أن سرعتها ليست ثابتة، ولكنها تتغير بحسب أحوال الطريق، فهي تزايد حيناً، وتتناقص حيناً آخر، ولا تبقى ثابتة القيمة، ولفهم حركة هذه السيارة لا بد أن نميز بين سرعتها اللحظية وسرعتها المتوسطة.

**السرعة المتوسطة ( $\bar{v}$ ):** هي الإزاحة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية مقسومة على الزمن الكلي، ويمكن تعيين السرعة المتوسطة عن طريق إيجاد ميل الخط الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها.



$$\frac{\text{الإزاحة الكلية } (d)}{\text{الزمن الكلي } (t)} = \text{السرعة المتوسطة } (\bar{v})$$

**السرعة اللحظية ( $v$ ):** هي سرعة الجسم عند لحظة معينة، ويمكن الاستدلال على قيمتها من قراءة مؤشر عداد سرعة السيارة في لحظة ما، ولتعيين سرعة السيارة عند لحظة ما يتم رسم مماس للمنحنى عند النقطة التي تقابل هذه اللحظة ويكون ميل المماس هو سرعة السيارة اللحظية.



$$\frac{\text{التغير في الإزاحة } (\Delta d)}{\text{زمن التغير } (\Delta t)} = \text{السرعة اللحظية } (v)$$

**تصويب التصورات الخطأ:**

من التصورات الخطأ الأكثر شيوعاً الخلط بين مصطلح السرعة المتوسطة *Average velocity* وهي كمية متجهة، ومصطلح السرعة العددية المتوسطة *average speed* وهي كمية قياسية، حيث أن:

$$\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}} = \text{السرعة العددية المتوسطة} \quad \frac{\text{الإزاحة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}} = \text{السرعة المتوسطة}$$

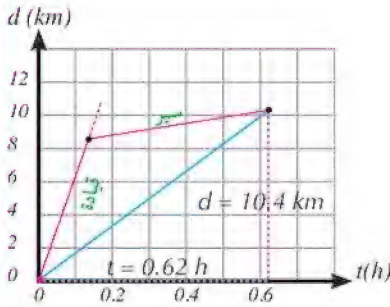
**إدارة الوقت:**

- ♦ ضع هدفاً لكل عمل تقوم به، وحدد ماذا تريد أن تحقق ولماذا وتفحص أهدافك هل هي واقعية أم لا؟
- ♦ صمم جدولك الخاص اليومي أو الأسبوعي الذي يتيح لك معرفة الأنشطة التي عليك أن تنجزها خلال وقت محدد، واحمل مفكرة صغيرة تسجل فيها مواعيد قيامك بالأنشطة والواجبات المختلفة.

(تعيين السرعة التي يتحرك بها الجسم)

### أمثلة محلولة

١ قاد شخص سيارة في خط مستقيم فقطع (8.4 km) في زمن قدره (0.12 h)، ثم نفذ منه وقود السيارة فتركها ومشى في نفس الخط المستقيم لأقرب محطة وقود وقطع (2 km) في زمن قدره (0.5 h) احسب سرعته المتوسطة من بداية الحركة حتى نهايتها.



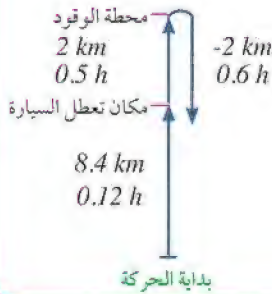
**الحل:**

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{الإزاحة الكلية (d)}}{\text{الزمن الكلي (t)}}$$

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{8.4 + 2}{0.12 + 0.5} = \frac{10.4}{0.62} = 16.8 \text{ km/h}$$

كما يمكن التوصل إلى نفس النتيجة بإيجاد ميل الخط البياني الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها كما يتضح بالرسم.

٢ إذا افترضنا أن الشخص في المثال السابق عاد مرة أخرى في زمن قدره 0.6 h احسب السرعة المتوسطة للحركة منذ بدايتها حتى عودته إلى السيارة مرة أخرى.



**الحل:**

عندما يعود الشخص إلى السيارة مرة أخرى فإن إزاحته تصبح (8.4 km) كما بالرسم.

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{8.4}{0.12 + 0.5 + 0.6} = \frac{8.4}{1.22} = 6.88 \text{ km/h}$$

### Acceleration

### ٣- العجلة

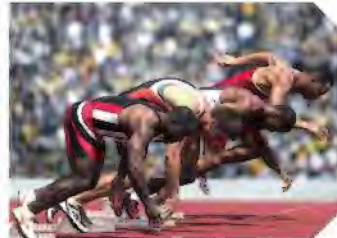
ناقشنا فيما سبق مفهوم السرعة المتغيرة (المقدار أو الاتجاه أو الاثنين معا)، وتسمى الحركة التي يحدث فيها تغير في السرعة بمرور الزمن بالحركة المعجلة، وتسمى الكمية الفيزيائية التي تعبر عن التغير في السرعة بالنسبة إلى الزمن بالعجلة (a).



في نهاية الحركة تتناقص السرعة



في المنحنيات يتغير اتجاه السرعة



في بداية الحركة تزايد السرعة

شكل (١٠) يستخدم مصطلح العجلة لوصف كيفية تغير السرعة خلال الزمن



وللتعرف على مفهوم العجلة ادرس مخطط الحركة التالى الذى يوضح قراءة عداد السرعة لسيارة تنطلق من السكون لتزداد سرعتها فى أثناء سيرها على طريق مستقيم.



### هل تعلم؟



يمكن تحويل قراءة عداد السيارة من وحدة  $km/h$  إلى وحدة  $m/s$  من العلاقة:

$$\therefore 1 \text{ km/h} = \frac{1 \text{ km}}{h} = \frac{1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = \frac{5}{18} \text{ m/s}$$

ومن خلال دراسة هذا المخطط يمكن رصد العلاقة بين السرعة بوحدة  $(m/s)$  والزمن بوحدة  $(s)$  فى الجدول التالى:

الزمن $(s)$	0	1	2	3	4
السرعة $(m/s)$	0	5	10	15	20

ومن الجدول يمكن التوصل إلى أن سرعة السيارة تزداد بمعدل ثابت، حيث تزداد كل ثانية بمقدار  $(5 \text{ m/s})$ ، ويعبر هذا المقدار عن العجلة، والتي تحسب من العلاقة:

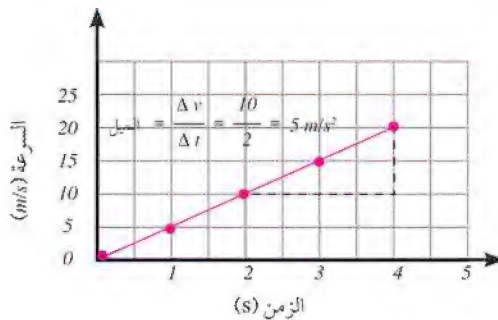
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad \text{العجلة} = \frac{\text{التغير فى السرعة}}{\text{زمن التغير}} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن النهائي} - \text{الزمن الابتدائي}}$$

وبتطبيق هذه العلاقة على المثال السابق تحسب العجلة على النحو التالى:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = 5 \text{ m/s}^2$$

**العجلة:** هى التغير فى سرعة الجسم خلال وحدة الزمن، أى هى المعدل الزمني للتغير فى السرعة، وتقاس العجلة بوحدة متر/ ثانية  $(m/s^2)$  أو كيلومتر/ ساعة  $(km/h^2)$ .

### تمثيل العلاقة بين السرعة والزمن بيانياً:

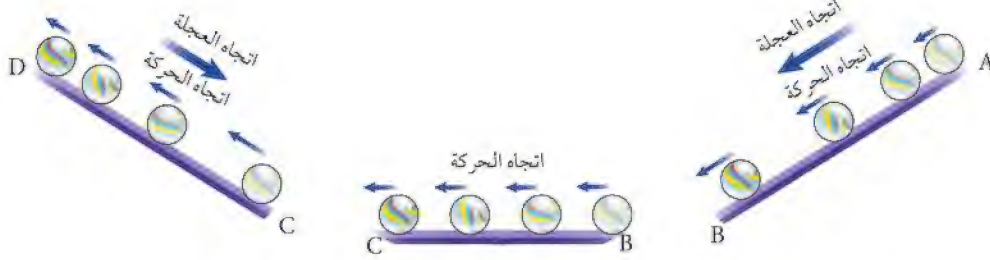


يعبر الرسم البياني (السرعة - الزمن) عن حركة السيارة فى مخطط الحركة السابق، ويمكنك أن تلاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعنى أن سرعة السيارة تزايد بمعدل منتظم، ويمكن إيجاد العجلة بحساب ميل الخط المستقيم.

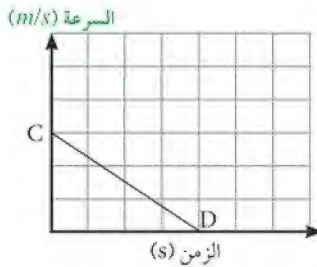


## أنواع العجلة:

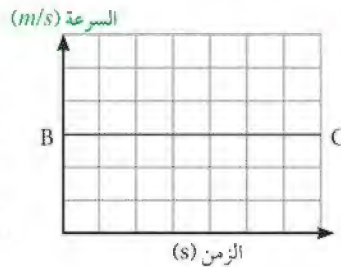
إذا اعتبرنا أن اتجاه سرعة الجسم هو الاتجاه الموجب فقد يتحرك هذا الجسم بعجلة موجبة (تكون السرعة تزايدية) أو عجلة سالبة (تكون السرعة تناقصية) أو عجلة تساوي صفراً وللتعرف على أنواع العجلة ادرس مخطط الحركة التالي الذي يوضح حركة كرة صغيرة على سطح أملس متغير الميل.



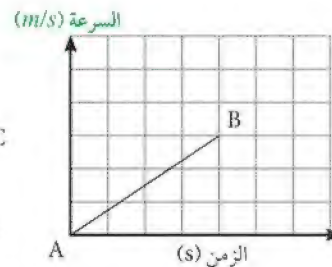
عندما تهبط الكرة المستوى المائل تزداد سرعتها بمرور الزمن، وبالتالي تكون العجلة موجبة. عندما تتحرك الكرة على مستوى أفقي أملس فإن سرعتها لا تتغير، وبالتالي تكون العجلة تساوي صفراً. عندما تصعد الكرة المستوى المائل تقل سرعتها بمرور الزمن، وبالتالي تتحرك بعجلة سالبة.



عجلة سالبة



عجلة صفرية



عجلة موجبة

## تطبيقات حياتية

♦ يوجد داخل كل سيارة ثلاث أدوات يمكن بواسطتها التحكم في مقدار السرعة واتجاهها هي: دواسة البنزين لزيادة السرعة، ودواسة الفرامل لتقليل السرعة، وعجلة القيادة لتغيير اتجاه الحركة.



# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الأول

### الحركة فى خط مستقيم

#### أولاً - التجارب العملية

(١) تعيين السرعة التى يتحرك بها جسم:

فكرة التجربة:

عندما تتحرك سيارة لعبة تعمل بالبطارية على أرض ملساء فإنها تتحرك فى خط مستقيم بسرعة ثابتة، وإذا وضعنا مسطرة مترية بجوار مسار حركة السيارة، ثم قمنا بتصويرها بكاميرا رقمية، فإنه يمكن عرض هذا الفيلم لرصد العلاقة بين المسافة والزمن؛ وذلك لأن أى فيلم فيديو يحتوى على عداد للثواني لتحديد زمن الفيلم.

خطوات العمل:



- ١ ثبت مسطرة مترية بجوار المسار الذى ستسير فيه السيارة.
- ٢ اختر واحدًا من أعضاء مجموعتك لتشغيل الكاميرا.
- ٣ ضع السيارة عند خط البداية، ثم اتركها لكي تتحرك فى خط مواز للمسطرة.
- ٤ استعمل الكاميرا لتسجيل حركة السيارة.
- ٥ هبى الحاسب الآلى لعرض المشهد لقطة بعد أخرى بضغط زر الإيقاف كل (5) ثوانٍ.
- ٦ حدد موقع السيارة فى كل فترة زمنية بقراءة المسطرة المترية على شريط الفيديو، ودون ذلك فى جدول البيانات.

#### الآمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

- فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:
- تعيين السرعة المنتظمة التى يتحرك بها جسم.
- ترسم العلاقة البيانية بين المسافة والسرعة.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

- الملاحظة - القياس - الاستنتاج -
- العمل فى فريق - استخدام الأجهزة التكنولوجية.

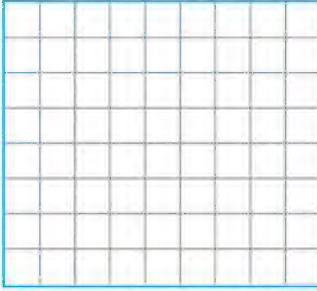
#### المواد والأدوات :

- سيارة لعبة تعمل بالبطارية، مسطرة مترية، كاميرا رقمية (أو كاميرا تليفون محمول)، حاسب آلى.

النتائج: دون النتائج في الجدول التالي:

الزمن $t$ (s)	المسافة $d$ (m)
0	
5	
10	
15	
20	

تحليل النتائج: من خلال النتائج التي تتوصل إليها في الجدول، ارسم العلاقة البيانية بين الزمن  $(t)$  على المحور الأفقي، والمسافة  $(d)$  على المحور الرأسى.



الاستنتاجات: من المعروف أن:

$$d = vt$$

وذلك في حالة الحركة بسرعة منتظمة

أى أن:

$$\text{الميل} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = v$$

وبحساب الميل من الرسم البياني نجد أن السرعة = .....

أنشطة إثرائية: صمم تجارب عملية للإجابة عن الأسئلة التالية:

➡ ما تأثير نوع السطح الذى تتحرك عليه السيارة على حركتها؟

➡ كيف يمكن قياس سرعة شخص يتحرك بدراجة؟

### ثانياً : الأنشطة التقويمية



١ صمم ألبوم صور إلكترونيًا أو ورقياً عن الحركة في الألعاب الرياضية والترفيهية المختلفة، مع تصنيف نوع الحركة في كل صورة إلى حركة دورية أو حركة انتقالية.



٢ ناقش مشكلة المرور في مصر مستعينًا بمجموعة من زملائك لطرح أكبر عدد ممكن من الحلول لتلك المشكلة.

٣ اكتب بحثًا عن تطور وسائل المواصلات عبر تاريخ الإنسان مع كتابة السرعة القصوى، التي يمكن أن تتحرك بها كل وسيلة من هذه الوسائل مدونًا ذلك في جدول.





## ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

١ احسب السرعة المتوسطة بوحدة  $(km/h)$  لمتسابق قطع مسافة  $(4000\ m)$  خلال  $(30\ min)$ ، ثم احسب المسافة التي يقطعها بعد  $(45\ min)$  من بدء السباق بالسرعة المتوسطة نفسها.

٢ قام طالب بإجراء تجربة لدراسة الحركة باستخدام عربة ميكانيكية وجرس توقيت، حيث حدد موقع العربة كل ثانية على شريط ورقي فحصل على الشريط المبين في الشكل:

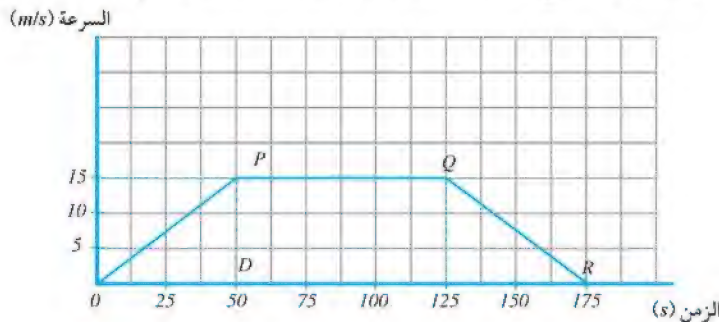


أ صف حركة العربة.

ب احسب السرعة المتوسطة إذا كانت الإزاحة المقطوعة من (أ) إلى (ب) تساوي  $(190\ m)$ .

ج احسب عجلة السيارة.

٢ الشكل البياني المقابل يوضح رحلة قامت بها سيارة، لاحظ الشكل، ثم أجب عن الأسئلة التالية:



أ ما أكبر سرعة وصلت لها السيارة؟

ب صف حركة السيارة في الجزء PQ

ج صف حركة السيارة في الجزء QR

د عند أي من النقاط P أو Q أو R تمثل أول المرحلة التي استخدمت فيها الفرامل.

ه احسب المسافة الكلية المقطوعة خلال الرحلة.

٥ مثل النتائج الموضحة في الجدول أدناه بيانيًا، ثم أوجد من الرسم كلاً من العجلة والإزاحة بعد (12s).

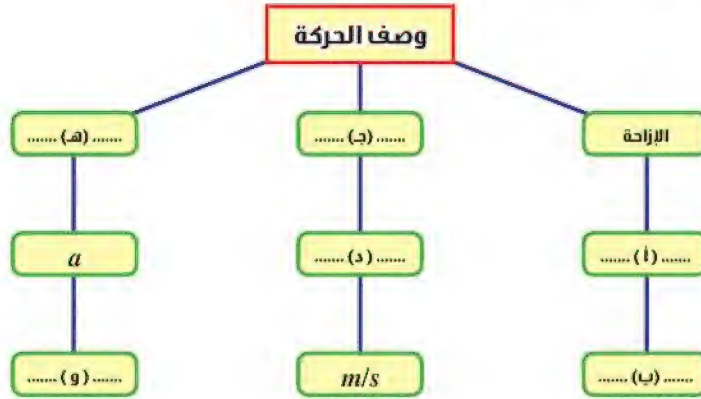
الزمن (s)	0	6	9	12
السرعة (m/s)	8.1	36.9	51.3	65.7

٦ تدحرج الكرة عند دفعها، ثم تتباطأ وتتوقف، هل لسرعة الكرة وعجلتها الإشارة نفسها؟ ولماذا؟

٧ إذا كانت عجلة الجسم تساوى صفراً، فهل هذا يعني أن سرعته تساوى صفراً؟ أعط مثلاً.

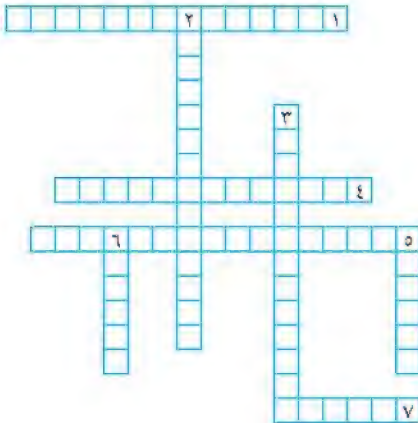
٨ إذا كانت السرعة لجسم عند لحظة تساوى صفراً، فهل من الضروري أن عجلته تساوى صفراً؟ أعط مثلاً.

٩ أكمل خريطة المفاهيم التالية:



٩ أكمل الكلمات المتقاطعة:

أفقياً:



(١) حاصل قسمة الإزاحة الكلية على الزمن الكلي.

(٤) حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية.

(٥) حركة تتميز بوجود نقطة بداية ونقطة نهاية.

(٧) التغير في سرعة الجسم خلال وحدة الزمن.

رأسياً:

(٢) السرعة التي يقطع فيها الجسم إزاحات متساوية.

(٣) سرعة الجسم عند لحظة معينة.

(٥) التغير الحادث في موضع الجسم بمرور الزمن.

(٦) الإزاحة التي يقطعها الجسم في الثانية الواحدة.

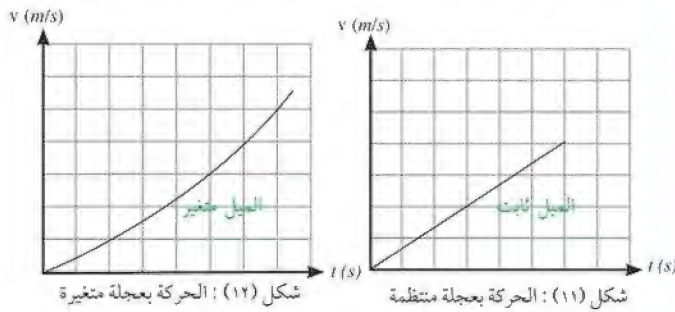


## الفصل الثاني

# الحركة بعجلة منتظمة

## Motion with Uniform Acceleration

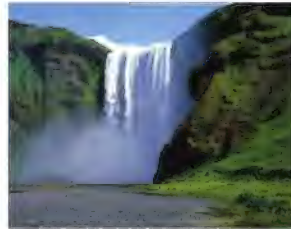
درست في الفصل السابق أن العجلة هي التغير في السرعة خلال وحدة الزمن، وقد تكون العجلة منتظمة (ثابتة) وقد تكون متغيرة.



وتعتبر حركة جسم بعجلة منتظمة ذات أهمية خاصة، لأن الكثير من الحركات في الطبيعة تتم بعجلة منتظمة؛ كسقوط الأجسام بالقرب من سطح الأرض، وكذلك حركة المقذوفات.



شكل (١٤) : حركة الرياضي عند القفز في الهواء تكون بعجلة منتظمة



شكل (١٣) : حركة الماء المتساقط من قمة الشلال تكون بعجلة منتظمة

وإذا افترضنا أن جسمًا يتحرك في خط مستقيم بعجلة منتظمة ( $a$ )، حيث بدأ الحركة بسرعة ابتدائية ( $v_i$ ) ليقطع إزاحة ( $d$ ) خلال زمن قدره ( $t$ ) وأصبحت سرعته النهائية ( $v_f$ )، فإنه يمكن وصف حركة هذا الجسم بمعادلات تسمى معادلات الحركة وذلك على النحو التالي:

### لوائح التعلم المتوقعة :

- في نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:
- تستنتج معادلات الحركة بعجلة منتظمة.
- تعترف حركة الأجسام بالسقوط الحر.
- تستنتج الحركة في بعدين مثل حركة المقذوفات.
- تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.

### مصطلحات الفصل :

- العجلة المنتظمة
- Uniform acceleration
- معادلات الحركة
- Equation of motion
- سقوط حر
- Free fall
- حركة قذيفة
- Projectile motion

### مصادر التعلم الإلكترونية :

- عرض تفاعلي: سقوط جسمين من برج بيزا.

<https://sites.google.com/site/physicsflash/home/air-drag>



## 1- معادلة (السرعة - الزمن)

## (velocity - time) equation

سبق أن علمنا أن العجلة ( $a$ ) تحسب من العلاقة:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

وبالتالي يمكن إيجاد التغير في السرعة ( $v_f - v_i$ ) بضرب طرفي المعادلة في ( $t$ ):

$$v_f - v_i = at$$

أي أن:

$$v_f = v_i + at$$

1

وهذه هي المعادلة الأولى للحركة، والتي تعني أن: السرعة النهائية = السرعة الابتدائية ( $v_i$ ) + التغير في السرعة ( $at$ ).

## ركن التفكير:

باستخدام معادلة الحركة الأولى قارن بين قيمة العجلة التي يتحرك بها أسرع حيوان بري في العالم وأسرع سيارة في العالم.



شكل (١٦): تستطيع سيارة بوجاتي فيرون أن تغير سرعتها من (صفر) إلى ( $100 \text{ km/h}$ ) خلال ( $2.4 \text{ s}$ )



شكل (١٥): يستطيع الفهد أن يغير سرعته من (صفر) إلى ( $110 \text{ km/h}$ ) خلال ( $3 \text{ s}$ )

## 2- معادلة (الإزاحة - الزمن)

## (Displacement - time) equation

يمكن حساب السرعة المتوسطة ( $\bar{v}$ ) التي يتحرك بها الجسم باستخدام العلاقة:

$$\bar{v} = \frac{d}{t}$$

ونظرًا لأن الجسم يتحرك بعجلة منتظمة فإنه يمكن حساب السرعة المتوسطة من العلاقة:

$$\bar{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

من المعادلتين السابقتين يكون:

$$\frac{d}{t} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

بالتعويض عن ( $v_f$ ) من المعادلة الأولى للحركة:

$$\therefore \frac{d}{t} = \frac{(v_i + at) + v_i}{2} = \frac{2v_i + at}{2} = v_i + \frac{1}{2} at$$

وبضرب الطرفين في ( $t$ ) نحصل على المعادلة الثانية للحركة:

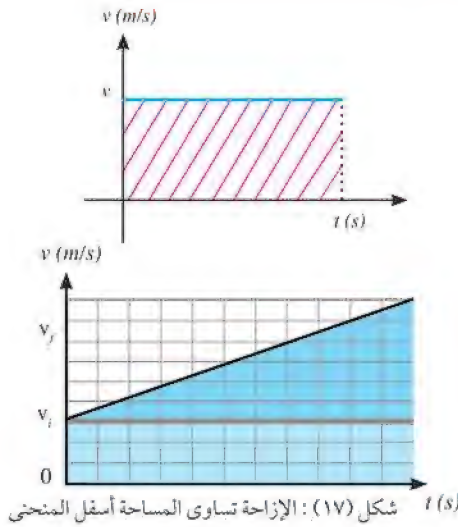
$$\therefore d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

2

انتبه

- \* عندما يتحرك الجسم في خط مستقيم وفي اتجاه ثابت كما في حالة السيارة فإن مقدار الإزاحة يساوي المسافة المقطوعة، وفي هذه الحالة يمكن اعتبار ( $d$ ) هي نفسها المسافة المقطوعة ( $s$ ).
- \* عندما يتحرك الجسم في خط مستقيم وفي اتجاه متغير، كما في حالة الجسم المقذوف إلى أعلى حيث يكون اتجاه الصعود عكس اتجاه الهبوط، فإن مقدار الإزاحة لا يساوي المسافة المقطوعة ( $s$ ).

استنتاج المعادلة الثانية للحركة بيانياً:



إذا كانت الإزاحة تساوي السرعة  $\times$  الزمن فإنها في الرسم البياني الممين ستساوي عددًا بطول  $\times$  العرض، وهي هنا تعبر عن المساحة تحت المنحنى، أي أن الإزاحة = المساحة تحت منحنى (السرعة - الزمن).

بناء على ذلك يمكن استنتاج معادلة الحركة الثانية وحساب الإزاحة المقطوعة بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة - الزمن) وذلك بتقسيم المساحة تحت المنحنى إلى مستطيل ومثلث.

مساحة المستطيل  $v_i t$

مساحة المثلث  $\frac{1}{2} (v_f - v_i) t$

وسبق أن توصلنا إلى أن التغير في السرعة ( $v_f - v_i$ ) يساوي ( $at$ ).

وبالتالي تصبح مساحة المثلث  $\frac{1}{2} at^2$

وبجمع مساحة المستطيل مع مساحة المثلث نحصل على الإزاحة المقطوعة ( $d$ ).

$$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

أفكار لتنشيط الإبداع

- ابتكر طرقاً أخرى لاستنتاج معادلة الحركة الثانية بيانياً (اعتبار المساحة تحت المنحنى على هيئة شبه منحرف أو تقسيم المساحة إلى مثلثين ....).

(Displacement - Velocity) equation

٣- معادلة (الإزاحة - السرعة)

في بعض الحالات يكون الزمن غير معلوم، لذا ينبغي استنتاج معادلة حركة أخرى لا نحتاج فيها لمعرفة الزمن، وذلك على النحو التالي:

يمكن حساب الإزاحة ( $d$ ) من العلاقة:  $d = \bar{v} t$

وبالتعويض عن قيمة ( $\bar{v}$ ) وقيمة ( $t$ ) من المعادلتين التاليتين:

$$\bar{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

وبناء على ذلك تحسب الإزاحة على النحو التالي:

$$d = \bar{v} t = \frac{v_f + v_i}{2} \times \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

ومن العلاقة السابقة يمكن الحصول على المعادلة الثالثة للحركة:

$$\therefore 2ad = v_f^2 - v_i^2$$

3

لدينا الآن ثلاث معادلات تنطبق على الحركة ذات العجلة المنتظمة، وهي كافية لوصف الحركة في أى موقف تكون العجلة فيه منتظمة، ونظرًا لأن جميع الكميات في هذه المعادلات متجهة فيما عدا الزمن؛ لذا ينبغي تحديد الاتجاه الموجب، فمثلاً يمكن اعتبار الاتجاه إلى اليمين موجباً، وحينها فإن كلا من الإزاحة والسرعة والعجلة تكون موجبة إذا كانت لليمين وسالبة إذا كانت لليسار. ويلخص الجدول التالي بعض الحالات الخاصة لمعادلات الحركة:

الصيغة العامة	بداية الحركة من السكون $v_i = 0$	التوقف في نهاية الحركة $v_f = 0$	التحرك بسرعة منتظمة $a = 0$
$v_f = v_i + at$	$v_f = at$	$v_i = -at$	$v_f = v_i$
$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$	$d = \frac{1}{2} at^2$	$d = -\frac{1}{2} at^2$	$d = v_i t$
$2ad = v_f^2 - v_i^2$	$2ad = v_f^2$	$2ad = -v_i^2$	$0 = v_f^2 - v_i^2$

#### التغلب على صعوبات التعلم

قد تواجه مشكلات في ترجمة المسألة اللفظية إلى صورة معادلة رياضية، إليك دليل موجز لمساعدتك في ذلك:

\* ازدادت سرعته **تعني** أن العجلة موجبة (إذا كانت السرعة موجبة).

\* تناقصت سرعته **تعني** أن العجلة سالبة (إذا كانت السرعة موجبة).

\* متى؟ **تعني** ما قيمة الزمن  $t$ ؟

\* أين؟ **تعني** ما قيمة الإزاحة  $d$ ؟

#### إدارة الوقت:

♦ حاول أن تضع تقديرًا للوقت الذي ستستغرقه في أداء نشاط معين.

♦ وازن بين الواجبات الدراسية والأنشطة الاجتماعية والترفيهية ورتبها حسب أهميتها وقدم الواجبات المهمة والعاجلة على الأقل أهمية.





## أمثلة محلولة



٢ احسب الزمن الذي تستغرقه طائرة لتتوقف تمامًا عند هبوطها على مدرج المطار، إذا علمت أن سرعتها عند ملاستها لأرض الممر (162 km/h) وتباطأ بانتظام بمعدل (0.5 m/s<sup>2</sup>)

الحل:

$$v_i = 162 \times \frac{5}{18} = 45 \text{ m/s} \quad v_f = 0$$

$$a = -0.5 \text{ m/s}^2$$

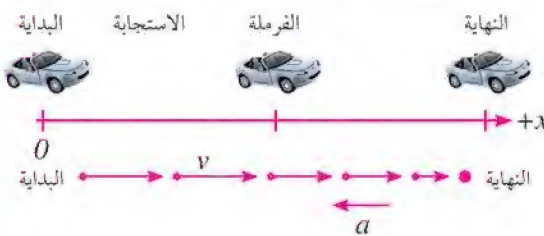
$$v_f = v_i + a t$$

$$0 = 45 + (-0.5) t$$

$$-45 = (-0.5) t$$

$$t = 90 \text{ s}$$

٢ يقود أحد الأشخاص سيارة بسرعة منتظمة مقدارها (30 m/s)، وفجأة رأى طفلًا يركض في



الشارع. فإذا كان زمن الاستجابة اللازم ليضغط على الفرامل هو (0.5 s)، فتباطأت السيارة بعجلة منتظمة مقدارها (9 m/s<sup>2</sup>) حتى توقفت، ما الإزاحة الكلية التي قطعتها السيارة قبل أن تقف؟

الحل:

حساب الإزاحة أثناء فترة الاستجابة (السرعة منتظمة):

$$d_{\text{الاستجابة}} = v_{\text{الاستجابة}} t_{\text{الاستجابة}} = (30) \times (0.5) = 15 \text{ m}$$

حساب الإزاحة أثناء عملية الفرملة حتى الوقوف (السرعة تناقصية):

$$2 a d_{\text{فرملة}} = -v_i^2$$

من الجدول صفحة (38)

$$\text{وحيث أن: } v_{\text{فرملة}} = v_i$$

$$2 a d_{\text{فرملة}} = -v_f^2$$

$$\therefore d_{\text{فرملة}} = \frac{-v_f^2}{2a} = \frac{-(30)^2}{2 \times -9} = 50 \text{ m}$$

$$d_{\text{الكلية}} = d_{\text{الاستجابة}} + d_{\text{الفرملة}} = 15 + 50 = 65 \text{ m}$$

حساب الإزاحة الكلية

لاحظ أن: مقدار الإزاحة الكلية هي نفسها المسافة الكلية التي تقطعها السيارة لكي تتوقف.

## مهارات حماية النفس

♦ لتجنب مخاطر السرعة الزائدة وحرصاً على الأرواح لابد من اتباع الإرشادات المرورية مثل ترك مسافة مناسبة بينك وبين السيارة التي أمامك حتى يمكنك التوقف بأمان إذا توقفت السيارة التي أمامك فجأة ويراعى زيادة هذه المسافة كلما زادت سرعة سيارتك، وكذلك على الطرق المبللة أو المغطاة بالزيت، كما تحتاج المركبات الضخمة إلى مسافات أكبر.

## مسافات توقف نموذجية

48 km/h	9 m	14 m	$6 = 23 \text{ m}$ مرات قدر طول السيارة
64 km/h	12 m	24 m	$9 = 36 \text{ m}$ مرات قدر طول السيارة
80 km/h	15 m	38 m	$13 = 53 \text{ m}$ مرات قدر طول السيارة
91 km/h	18 m	55 m	$18 = 73 \text{ m}$ مرات قدر طول السيارة

مسافة الاستجابة (مسافة زمن رد الفعل)

مسافة الحركة أثناء الفرامل

## تطبيقات على الحركة بعجلة منتظمة:

## السقوط الحر Free fall

إذا أسقطنا كتاباً وورقة من نفس الارتفاع وفي اللحظة نفسها فأيهما يصل إلى سطح الأرض أولاً؟ وعند وضع الورقة ملاصقة للسطح العلوي للكتاب. ماذا يحدث؟ ما تفسيرك لوصولهما في نفس اللحظة؟

عند سقوط جسم فإنه يتأثر بمقاومة الهواء حيث يصطدم بجزيئات الهواء وتؤثر هذه التصادمات الضئيلة في سرعة هبوط الأجسام الخفيفة بشكل أكبر من تأثيرها في هبوط الأجسام الثقيلة (لاحظ أنه عند وضع الورقة ملاصقة للسطح العلوي للكتاب فإنها أصبحت لا تتأثر بمقاومة الهواء).

ولفهم سلوك الأجسام الساقطة نأخذ الحالة الأبسط وهي سقوط الأجسام تحت تأثير وزنها فقط، وذلك بإهمال تأثير مقاومة الهواء، وتسمى هذه الحركة بالسقوط الحر، وعند إهمال مقاومة الهواء فإن جميع الأجسام تسقط على سطح الأرض بنفس العجلة.



شكل (١٨) هل تصل كرتان مختلفتان في الكتلة في وسط مفرغ من الهواء في نفس اللحظة إلى سطح الأرض؟

## علماء أفادوا البشرية



أثبت جاليليو أنه مهما اختلفت كتل الأشياء فإن جميعها تصل إلى سطح الأرض في وقت واحد، وذلك في حالة إهمال مقاومة الهواء حيث قام بإسقاط جسمين مختلفين في الكتلة من فوق برج بيزا بإيطاليا، وكانت هذه التجربة سبباً في تحطيم فكرة أرسطو التي تنص على أن الأجسام ذات الكتل الكبيرة تصل إلى سطح الأرض في زمن أقل من الأجسام ذات الكتل الصغيرة.



شكل (٢٠) هل يسقط هذا الشخص بعجلة  $9.8 \text{ m/s}^2$ ؟ فسر إجابتك.

### عجلة السقوط الحر (g):

هي العجلة المنتظمة التي تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها سقوطاً حراً نحو سطح الأرض، وهذه العجلة تساوي  $(9.8 \text{ m/s}^2)$  ومعنى ذلك أن سرعة الجسم الذي يسقط سقوطاً حراً تزداد بمقدار  $(9.8 \text{ m/s})$  في كل ثانية. وتختلف قيمة عجلة السقوط الحر (g) اختلافاً طفيفاً من مكان إلى آخر على الأرض حسب البعد عن مركز الأرض. ويمكن اعتبار عجلة السقوط الحر تساوي  $(10 \text{ m/s}^2)$  وذلك للتبسيط.

**ركن التفكير:**  
لاحظ الجدول ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

الزمن (s)	الإزاحة (m)	السرعة (m/s)
0	0	0
0.5	1.25	5
1	5	10
1.5	11.25	15
2	20	20

- 1 باستخدام الجدول السابق ارسم العلاقة البيانية (الإزاحة - الزمن) والعلاقة البيانية (السرعة - الزمن).
- 2 استخدم الرسم البياني ومعادلات الحركة في إيجاد الإزاحة والسرعة بعد مرور  $(3 \text{ s})$ .
- 3 ما الذي يدل عليه زيادة التباعد بين مواقع الجسم بمرور الزمن؟

### أمثلة محلولة



سقط صندوق من طائرة هليكوبتر تحلق مستقرة على ارتفاع  $78.4 \text{ m}$  فوق بقعة معينة من سطح البحر. احسب سرعة ارتطام الصندوق بالماء مع إهمال مقاومة الهواء، إذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية  $9.8 \text{ m/s}^2$ ، ثم احسب زمن وصول الصندوق للماء..

**الحل:**

$$v_i = 0, \quad g = 9.8 \text{ m/s}^2, \quad d = 78.4 \text{ m}$$

$$2 g d = v_f^2 - v_i^2 \quad 2 \times 9.8 \times 78.4 = v_f^2$$

$$v_f = 39.2 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{v_f - v_i}{g} = \frac{v_f}{g} = \frac{39.2}{9.8} \quad t = 4 \text{ s}$$





٢ سقط حجر من سطح مبنى فمر أمام شخص يقف في أحد شرفات المبنى على ارتفاع 5 m من سطح الأرض بعد 4 s من لحظة السقوط أوجد:

أ ارتفاع المبنى. ب سرعة الحجر عندما مر أمام الشخص.

الحل:

$$d = v_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$d = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times 16 = 80 \text{ m}$$

$$h = 80 + 5 = 85 \text{ m}$$

أ ارتفاع المبنى:

ب سرعة الحجر عندما مر أمام الشخص تتعين من:

$$v_f = v_i + g t$$

$$v_f = 0 + 10 \times 4 = 40 \text{ m/s}$$

٣ سقطت ثمرة مانجو من شجرة وبعد ثانية واحدة ارتطمت بالأرض. احسب قيمة سرعة الثمرة لحظة اصطدامها بالأرض. احسب السرعة المتوسطة للثمرة خلال السقوط، ثم أوجد بعد الثمرة عن الأرض عند بدء السقوط.

الحل:

$$v_i = 0 \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \quad t = 1 \text{ s}$$

المعطيات:

$$v_f = v_i + g t = g t$$

حساب السرعة لحظة الاصطدام بالأرض:

$$v_f = 10 \times 1 = 10 \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

حساب السرعة المتوسطة:

$$\bar{v} = \frac{10 + 0}{2} = 5 \text{ m/s}$$

$$d = v_f t + \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} g t^2$$

حساب بعد الثمرة عن الأرض:

$$\therefore d = \left(\frac{1}{2}\right) (10) (1)^2 = 5 \text{ m}$$



## مثال محلول

في تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية باستخدام قطرات ماء تسقط سقوطاً حراً كانت المسافة بين مصدر قطرات الماء وسطح الإناء (1m). وكان زمن سقوط أو ارتطام (100 قطرة) متتالية هو (45 s) احسب عجلة الجاذبية الأرضية.

الحل:

المعطيات:  $d = 1m$  ,  $v_i = 0$  ,  $t = ?$  ,  $a = ?$

$$0.45 s = \frac{45}{100} = \frac{\text{الزمن الكلي}}{\text{عدد القطرات}} = (t) \text{ زمن سقوط القطرة الواحدة}$$

بالتعويض في معادلة الحركة الثانية:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

$$g = \frac{2d}{t^2} = \frac{2 \times 1}{0.45 \times 0.45} = 9.88 \text{ m/s}^2$$

## المقذوفات Projectiles

( أ ) المقذوفات الرأسية:

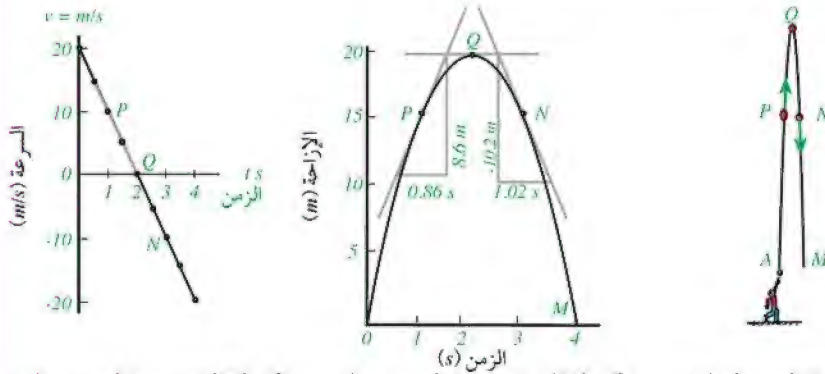
- ◆ عند قذف الجسم رأسياً لأعلى فإنه يغادر اليد بسرعة ابتدائية ( $v_i$ ) لا تساوى الصفر.
- ◆ يصبح الجسم تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية التي تساوى ( $-10 \text{ m/s}^2$ ) وتدل الإشارة السالبة على أن السرعة تتناقص كلما ارتفع الجسم إلى أعلى.
- ◆ تقل السرعة كلما ارتفع الجسم فتصبح سرعته صفراً عند أقصى ارتفاع.
- ◆ يتغير اتجاه السرعة ليعود الجسم إلى سطح الأرض تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية، والتي تعمل على تزايد السرعة مرة أخرى، ولكن في عكس الاتجاه.
- ◆ سرعة الجسم عند أى نقطة أثناء الصعود = - سرعة الجسم عند نفس النقطة أثناء النزول، وتدل الإشارة السالبة على أن سرعتين في عكس الاتجاه.
- ◆ زمن الصعود = زمن الهبوط.

## مثال محلول

يعبر الجدول التالي عن قيم كل من الزمن والإزاحة والسرعة لجسم يقذف رأسياً بسرعة ابتدائية ( $20 \text{ m/s}$ ):

الزمن (s)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
الإزاحة (m)	0	8.75	15	18.75	20	18.75	15	8.75	0
السرعة (m/s)	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20

ويمكن تمثيل هذه الحركة باستخدام الأشكال التالية:



شكل (٢١) مسار حركة الجسم المقذوف شكل (٢٢) : تغير إزاحة الجسم مع الزمن شكل (٢٣) تغير سرعة الجسم مع الزمن

١ عين سرعة الجسم عند النقاط  $P$ ,  $Q$ ,  $N$  من خلال المنحنى البياني (الإزاحة-الزمن) ثم عينها مرة أخرى من خلال المنحنى البياني (السرعة - الزمن).

٢ ما قيمة ميل المنحنى (السرعة - الزمن)؟ وعلام يدل هذا الميل؟ ولماذا يكون بإشارة سالبة؟

الحل:

١ يمكن تعيين السرعة عند  $N$ ، و  $Q$ ، و  $P$  بحساب ميل المماس عند تلك النقاط على منحنى (الإزاحة - الزمن)

$$v_Q = 0 \quad v_P = \frac{8.6}{0.86} = 10 \text{ m/s} \quad v_N = \frac{-10.2}{1.02} = -10 \text{ m/s}$$

وهي نفس القيم التي نحصل عليها من منحنى (السرعة - الزمن)

$$٢ \text{ ميل منحنى (السرعة - الزمن) هو العجلة (a): } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20}{2} = -10 \text{ m/s}^2$$

وتدل الإشارة السالبة على أن سرعة الجسم تتناقص كلما ابتعد عن سطح الأرض.

### (ب) المقذوفات بزاوية (الحركة في بعدين):

درست سابقاً حركة الأجسام التي تسير بعجلة منتظمة في خط مستقيم سواء ما كان منها على سطح أفقي أو سطح مائل، أو رأسياً إلى أعلى، والآن سندرس حركة الأجسام المقذوفة بزاوية ( $\theta$ ) مع المحور الأفقي ( $x$ ) تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية.

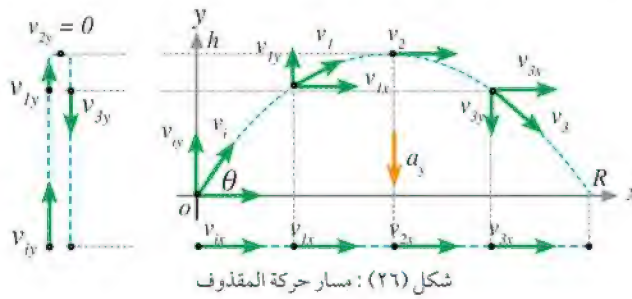




شكل (٢٥): لماذا يتحرك الشرر في مسار منحنى؟

شكل (٢٤): لماذا يتحرك الماء في مسار منحنى؟

دعنا نتأمل حركة مقذوف مثل: كرة أو دانة مدفع، والتي ستأخذ خطاً منحنياً، كما هو مبين في الشكل (٢٦)، وتنطلق بسرعة ابتدائية قدرها  $(v_i)$  وبزاوية قدرها  $(\theta)$  مع المستوى الأفقى، سوف نلاحظ أنه يمكن تحليل السرعة في اتجاهين أفقى  $(x)$  ورأسى  $(y)$  على النحو التالى:



شكل (٢٦): مسار حركة المقذوف

**الاتجاه الأفقى  $(x)$ :** وتتحرك فيه الكرة بسرعة منتظمة  $(v_{ix})$  وذلك بفرض عدم وجود قوة احتكاك، ويمكن حساب هذه السرعة فى الاتجاه الأفقى من العلاقة:

$$v_{ix} = v_i \cos \theta$$

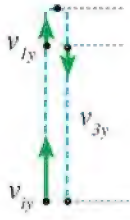


ويتم التعويض بـ  $(v_{ix})$  المحسوبة من العلاقة السابقة فى معادلات الحركة الثلاث مع مراعاة أن  $(a_x = 0)$ :

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب  
ألعب وتعلم مع حركة المقذوفات من  
خلال موقع الكتاب على الانترنت

**الاتجاه الرأسى  $(y)$ :** وتتحرك فيه الكرة تحت تأثير عجلة السقوط الحر وبالتالي تكون السرعة متغيرة، ويمكن حساب السرعة الابتدائية فى الاتجاه الرأسى  $(v_{iy})$  من العلاقة:

$$v_{iy} = v_i \sin \theta$$

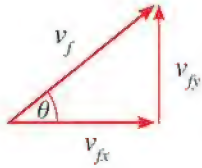


ويتم التعويض بـ ( $v_{iy}$ ) المحسوبة من العلاقة السابقة في معادلات الحركة الثلاث مع مراعاة أن ( $a_y = g = -10 \text{ m/s}^2$ ):

وتحسب سرعة القذيفة عند أي لحظة من نظرية فيثاغورس:

$$v_f = \sqrt{v_{fx}^2 + v_{fy}^2}$$

**استنتاج زمن الصعود ( $t$ ):**



حيث إن مركبة السرعة في اتجاه  $y$  تساوى الصفر عند أقصى ارتفاع لذا نعوض بـ ( $v_{fy} = 0$ ) في المعادلة الأولى للحركة فيكون

$$0 = v_{iy} +$$

gt

أي أن:

$$t = \frac{-v_{iy}}{g}$$

ويكون زمن التحليق ضعف زمن الصعود

$$T = 2t = \frac{-2v_{iy}}{g}$$

**استنتاج أقصى ارتفاع رأسي ( $h$ ):**

نعوض بـ ( $v_{fy} = 0$ ) في المعادلة الثالثة للحركة فيكون

$$2g h = -v_{iy}^2$$

أي أن

$$h = \frac{-v_{iy}^2}{2g}$$

**استنتاج أقصى مدى أفقي ( $R$ ):**

لاحظ أن: زمن أقصى مدى أفقي = زمن التحليق  $T$

وبالتعويض عن ( $a_x = 0$ )، و ( $d = R$ ) في معادلة الحركة الثانية نجد أن:

$$R = v_{ix} T = 2v_{ix} t$$

**تعميق المعرفة**



لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



## مثال محلول

انطلقت دراجة نارية بسرعة  $15 \text{ m/s}$  وفي اتجاه يصنع زاوية  $30^\circ$  على الأفقي.

أ) ما أقصى ارتفاع تصل إليه الدراجة؟

ب) ما زمن تحليقها؟

ج) ما أقصى مدى أفقي يمكن أن تصل إليه الدراجة؟



الحل:

نحسب كل من  $(v_{ix})$  و  $(v_{iy})$

$$v_{ix} = v_i \cos 30 = 15 \times 0.866 = 13 \text{ m/s}$$

$$v_{iy} = v_i \sin 30 = 15 \times 0.5 = 7.5 \text{ m/s}$$

حساب أقصى ارتفاع رأسي (h):

$$h = \frac{-v_{iy}^2}{2g} = \frac{-(7.5)^2}{2 \times (-10)} = 2.8 \text{ m}$$

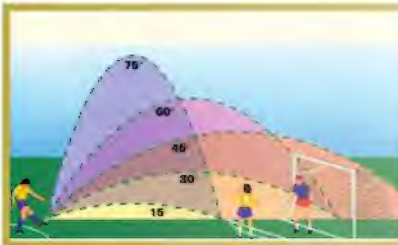
حساب زمن التحليق (T):

$$T = 2t = \frac{-2 \times v_{iy}}{g} = \frac{-2 \times 7.5}{-10} = 1.5 \text{ s}$$

حساب أقصى مدى أفقي (R):

$$R = v_{ix} T = 13 \times 1.5 = 19.5 \text{ m}$$

## هل تعلم؟



أن الجسم المقذوف يصل إلى أقصى مدى أفقي له عند قذفه بزاوية  $45^\circ$ ، وأن المدى الأفقي لجسم مقذوف يتساوى عند قذفه بزاويتين مجموعهما  $90^\circ$ .





# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الثاني

### الحركة بعجلة منتظمة

#### أولاً - التجارب العملية

(١) تعيين عجلة السقوط الحر:

فكرة التجربة:

إذا قمنا بتعيين الزمن ( $t$ ) الذي تستغرقه قطرة ماء لتقطع إزاحة مقدارها ( $d$ ) فإنه يمكن حساب عجلة السقوط الحر باستخدام العلاقة:

$$d = \frac{1}{2} gt^2$$

خطوات العمل:



١ هبئ الجهاز للعمل، بحيث تكون المسافة بين فوهة الصنبور ووسطح الطبق تساوي  $1\text{ m}$ ، ثم قس هذه المسافة بالضبط.

٢ تحكم في الصنبور بعناية حتى تبدأ قطرة الماء في السقوط في نفس اللحظة التي يسمع فيها صوت ارتطام القطرة السابقة بالطبق. فيكون الزمن الذي تستغرقه القطرة للوصول إلى الحوض مساوياً للزمن بين سقوط قطرتين متتاليتين من الصنبور.

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:  
تعيين عجلة السقوط الحر باستخدام مواد بسيطة.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

الملاحظة - القياس - الدقة في إجراء القياسات - الاستنتاج - العمل التعاوني.

#### المواد والأدوات :

مسطرة مترية - ساعة إيقاف - طبق معدني - صنبور ماء.



٣ باستخدام ساعة إيقاف أوجد الزمن الذي يستغرقه سقوط 50 قطرة متتالية، ومنه أوجد الزمن (t) بين سقوط أى قطرتين متتاليتين.

$$\frac{\text{الزمن الكلي}}{\text{عدد القطرات}} = \text{زمن سقوط القطرة}$$

٤ كرر العمل السابق عدة مرات واحسب متوسط زمن سقوط القطرة الواحدة.

**النتائج:**

المحاولة	زمن 50 قطرة	زمن القطرة
1		
2		
3		
4		

..... = متوسط زمن سقوط القطرة الواحدة

**تحليل النتائج:**

احسب عجلة السقوط الحر مستخدماً العلاقة:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

**الاستنتاجات:**

..... = عجلة الجاذبية الأرضية

**أنشطة إضافية وإثرائية:**

صمّم تجارب عملية للإجابة عن الأسئلة التالية:

➤ هل تسقط الأجسام ذات الكتل المختلفة بنفس عجلة السقوط الحر؟

➤ كيف يمكن تعيين عجلة السقوط الحر باستخدام بندول بسيط مستعيناً بشبكة الإنترنت؟

## ثانياً - الأنشطة التقويمية



١ ابن ملكا البغدادي هو طيبب وفيلسوف اشتهر في القرن السادس الهجري ولقب بأوحد الزمان، ولد ونشأ بالبصرة، ثم سافر إلى بغداد وعمل في قصور الخليفتين العباسيين المقتدى، والمستنصر، وحظى بمكانة عظيمة، حتى لقب بفيلسوف العراقيين في عصره، اكتب بحثاً في أهم إسهامات ابن ملكا في علم الفيزياء.





٢ بمساعدة زملائك قم بتصميم عدة نماذج للقاذفات باستخدام مواد من خامات البيئة مثل: خيط مطاطي، وأخشاب، وأقلام ..... ، ثم استخدم هذه النماذج في تحليل العوامل التي تؤثر في حركة المقذوفات، وتوظيف مدى استيعابك لهذه العوامل في تحديد مسار المقذوف وضرب هدف عند مسافة معلومة.

#### تعليمات الأمن والسلامة:

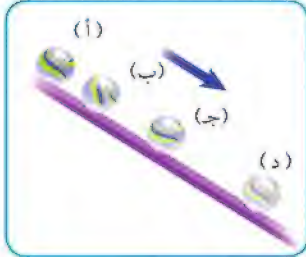
- لا توجه القذائف إلى زملائك.
- لا تؤذ زملاءك بالخيط المطاطي.

- كيف تؤثر زاوية القذف في مسار المقذوف؟
- كيف تؤثر قوة شد الخيط المطاطي في مسار المقذوف؟
- ما تأثير نوع المقذوف على المسار الذي يتخذه؟
- كيف يمكن أن تتغير نتائجك لو أجريت تجربة القاذفات خارج المختبر؟

٢ تشير الدراسات إلى أن ضحايا الطرق وغيرها من الحوادث كالكسك الحديد والنقل العام في مصر وصل إلى (6500) قتيل خلال عام واحد. أما المصابون أو الذين فقدوا أجزاء من أجسادهم فقد بلغ عددهم في عامين (67) ألفا ..... ناقش مشكلة حوادث الطرق مقترحاً بعض أساليب علاجها.

### ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

١ بين الشكل كرة تنزلق على سطح أملس بعجلة ثابتة، وتبين النقاط (أ، ب، ج، د) موقع الجسم كل  $0.5s$ ، اعتماداً على الشكل أجب عما يأتي:



١ كيف تستدل من الشكل أن سرعة الكرة تزداد؟

٢ لماذا تزداد السرعة؟

٣ احسب عجلة الكرة إذا علمت أن المسافة من (أ) إلى (د) تساوي  $(2m)$ ؟

٢ وقف شخص أعلى مبنى مرتفع وقذف كرة بسرعة  $(50m/s)$ ، فإذا كانت عجلة السقوط الحر تساوي  $(10 m/s^2)$ ، فاحسب سرعة الكرة والإزاحة التي تقطعها بعد مرور  $(4s)$ ، في الحالات الآتية:

١ إذا قذفت الكرة لأعلى في الاتجاه الرأسى.

٢ إذا قذفت الكرة لأسفل في الاتجاه الرأسى.

٣ إذا قذفت الكرة بزاوية مقدارها  $30^\circ$  مع المستوى الأفقى.



د إذا قذفت الكرة أفقياً (الزاوية مقدارها صفر مع المستوى الأفقى).

### ٢ اختر الإجابة الصحيحة

١ معادلة أبعاد العجلة .....

ب  $LT^{-2}$

ا  $LT^{-1}$

د  $L^{-2}T^{-2}$

ج  $L^{-1}T^{-2}$

٢ عندما يكون التغير فى سرعة جسم صفراً، .....

ا تكون عجلة حركته موجبة. ب تكون عجلة حركته سالبة.

ج تكون عجلة حركته صفراً. د يكون الجسم ساكناً.

٣ إذا كان اتجاهى السرعة والعجلة ساليين، .....

ا تزداد سرعة الجسم. ب تتناقص سرعة الجسم.

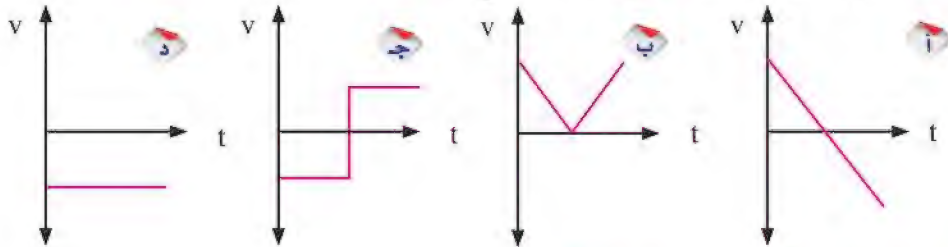
ج يتحرك الجسم بسرعة ثابتة. د يتوقف الجسم عن الحركة.

٤ جسمان لهما نفس الحجم من مادتين مختلفتين يسقطان معا سقوطاً حراً من نفس الارتفاع، ما العبارة الصحيحة التى تصف وصولهما إلى الأرض؟

ا يصل الجسم الأثقل أولاً. ب يصل الجسم الأقل كتلة أولاً.

ج عجلة حركة الجسم الأثقل أكبر. د يصلان معا إلى الأرض.

٥ الشكل البيانى الذى يمثل جسماً قذف رأسياً إلى أعلى، ثم عاد إلى نقطة القذف، مع اعتبار اتجاه السرعة الابتدائية اتجاهها موجباً هو الشكل ...

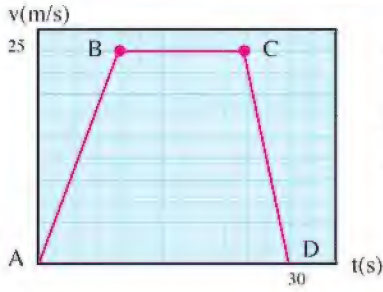


### ٤ ما المقصود بكل من المصطلحات الآتية:

ا إزاحة منضدة 3m ؟

ب سرعة دراجة 5m/s ؟

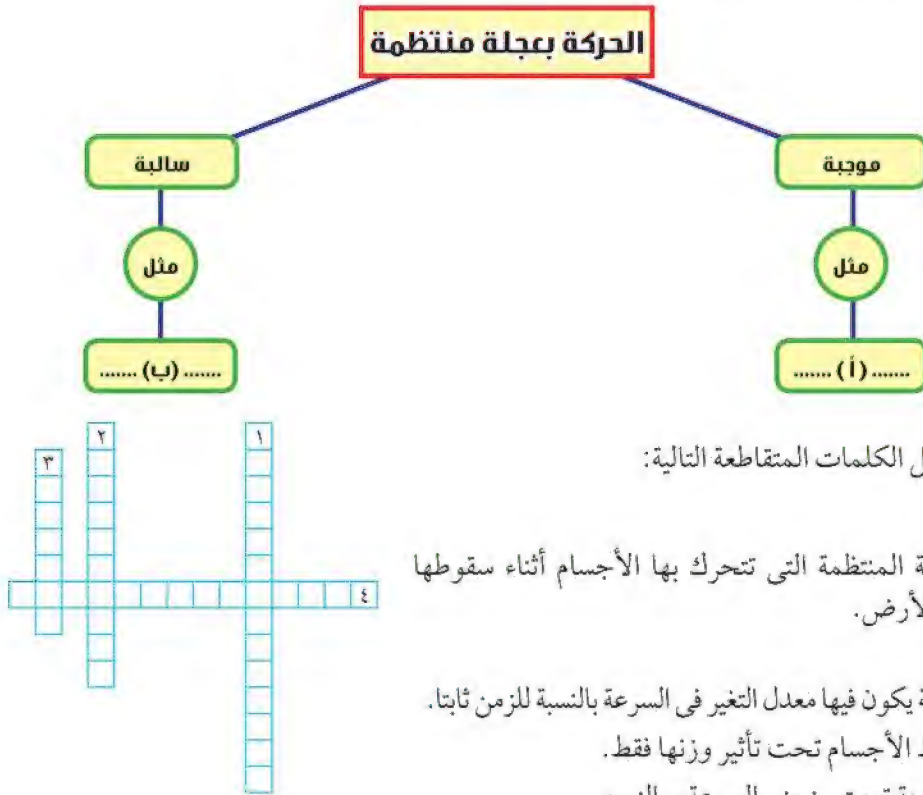
ج عجلة السقوط الحر 9.8 m/s<sup>2</sup> ؟



٥ تحركت سيارة في خط مستقيم، وسجلت سرعتها خلال ٣٠ ثانية، ثم مثلت بيانياً في الشكل المقابل. قم بالمشاركة مع زميل لك بتحليل الشكل البياني الذي يمثل حركة السيارة، واستخلاص المعلومات اللازمة لإكمال الجدول التالي:

المرحلة CD	المرحلة BC	المرحلة AB	مراحل حركة السيارة
			السرعة الابتدائية $v_i$
			السرعة النهائية $v_f$
			التغير في سرعة السيارة $\Delta v$
			زمن المرحلة $t$
			قيمة العجلة $a$
			وصف الحركة أثناء المرحلة

٦ أكمل خريطة المفاهيم التالية:



٧ أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:

أفقياً:

(٤) العجلة المنتظمة التي تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها نحو الأرض.

رأسياً:

(١) العجلة يكون فيها معدل التغير في السرعة بالنسبة للزمن ثابتاً.

(٢) سقوط الأجسام تحت تأثير وزنها فقط.

(٣) المساحة تحت منحني السرعة - الزمن.



## الفصل الثالث

# القوة والحركة Force and Motion

تناولنا فيما سبق وصف الحركة بدراسة مفاهيم السرعة والعجلة دون التعرض لمسببات حركة الأجسام، وستعرض في هذا الفصل كيفية تولد العجلة نتيجة للقوة، وخلال ذلك سنناقش قوانين نيوتن الثلاثة للحركة، وهي قوانين ذات أهمية أساسية في الفيزياء.

### Force

### القوة



شكل (٢٧) : ما سبب حركة عربة الأطفال؟

القوة كلمة شائعة الاستخدام في حياتنا اليومية، فقوتك العضلية تساعدك على شد الأشياء، وقوة محرك السيارة تساعد على بدء الحركة وقوة الفرامل تساعد على إيقافها، وتعرف القوة بأنها مؤثر خارجي يؤثر على الجسم، فيغير أو يحاول التغيير من حالته أو اتجاهه، وتقاس القوة باستخدام الميزان الزنبركي، ووحدة قياسها هي النيوتن (N).

### علماء أفادوا البشرية



على الرغم من أن الكثير من الفلاسفة القدامى قد حاولوا شرح وتفسير أسباب حركة الأجسام وكيفية حركتها إلا أنه لم يتم وضع نظرية منظمة للحركة قبل القرن السابع عشر. ويعود الفضل الأعظم في هذا الشأن إلى إنجازات عاليمين عظيمين هما جاليليو ونيوتن.

### نواتج التعلم المتوقعة :

- في نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:
- تطبق العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة.
- تفسر ظاهرة الفعل ورد الفعل.

### مصطلحات الفصل :

Force	قوة
Action	الفعل
Reaction	رد الفعل
Mass	كتلة
Weight	وزن

### مصادر التعلم الإلكترونية :

- أغنية تعليمية: قوانين نيوتن للحركة.  
<http://www.youtube.com/watch?v=oDL0SWQfE2E>
- فيلم تعليمي: شرح قوانين نيوتن للحركة.  
<http://www.youtube.com/watch?v=CrEBThAYnT0>
- تجارب شيقة: قانون نيوتن الأول والقصور الذاتي.  
<http://www.youtube.com/watch?v=Udv7RvYtAK0>



## Newton's first law

## قانون نيوتن الأول

لعلك عدت يومًا إلى بيتك بعد غياب طويل ونظرت حولك وقلت بارتياح: كل شيء بقى على حاله، هل فكرت يومًا أن هذه العبارة تنطوي على أحد أهم القوانين الطبيعية؟ ومن المعروف أيضًا أنه إذا دفع جسم على الأرض فإنه ينزلق عليها مسافة معينة ثم يتباطأ إلى أن يقف. وقد اعتقد القدماء أن طبيعة المادة هي السكون، بمعنى أن حركة أي شيء تؤول للسكون، إلا أن التجارب العلمية أظهرت أن ذلك يعود لوجود قوى احتكاك تقاوم الجسم المنزلق، وتعمل على إبطائه حتى يقف. ولو لم تكن هذه القوى موجودة لتابع الجسم سيره باستمرار دون توقف، ويطلق على ما تقدم اسم قانون نيوتن الأول للحركة.

**قانون نيوتن الأول للحركة:** "يظل الجسم على حالته من سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته".

والصيغة الرياضية للقانون:  $\Sigma F = 0$

والمقدار  $\Sigma F$  هو القوة المحصلة إذ قد يؤثر على الجسم أكثر من قوة، ولكن يلغى تأثير بعضها بعض وعندئذ يقال إن القوة المحصلة تساوى صفرًا.



ونستنتج من قانون نيوتن الأول أنه عندما تكون القوة المؤثرة على الجسم تساوى صفرًا ( $F = 0$ ) فإن العجلة تساوى صفرًا ( $a = 0$ ) فلا تتغير سرعة الجسم سواء كان ساكنًا أو متحركًا كما نستنتج أننا نحتاج قوة لتحريك الأجسام الساكنة أو إيقاف المتحركة، ولكننا لا نحتاج قوة لجعلها تستمر في حركتها بسرعة ثابتة. ويرتبط قانون نيوتن الأول بمفهوم القصور الذاتي ارتباطًا وثيقًا لذا يسمى بقانون القصور الذاتي.

**القصور الذاتي:** هو ميل الجسم الساكن إلى البقاء في حالة السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار في الحركة بسرعه الأصلية في خط مستقيم أي أن الأجسام تقاوم تغيير حالتها من سكون أو حركة.



## تدريب

فسر المشاهدات اليومية الآتية بناء على مفهوم القصور الذاتي:



ضرورة ارتداء حزام الأمان  
أثناء قيادة السيارة.



بندفع قائد الدراجة النارية  
للأمام عند اصطدامها بحاجز



يسقط القلم في الزجاجية عند  
سحب الحلقة بسرعة

شكل (٣٠) : مشاهدات يومية على القصور الذاتي

## تطبيقات تكنولوجية



♦ لا تحتاج صواريخ الفضاء عقب خروجها  
من الجاذبية الأرضية إلى استهلاك وقود  
لكي تتحرك لأن القصور الذاتي يحافظ على  
حركتها بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم.

ومن الملاحظ أن إمكانية إيقاف الأجسام التي تتحرك تحت تأثير القصور الذاتي تتوقف على كتلة هذه  
الأجسام وسرعتها، حيث أنه:

♦ يصعب إيقاف شاحنة كبيرة بينما يسهل إيقاف دراجة صغيرة بفرض أنهما يتحركان بنفس السرعة.

♦ يصعب إيقاف السيارة إذا كانت سرعتها كبيرة بينما يسهل إيقافها إذا كانت سرعتها صغيرة.

من الملاحظتين السابقتين يتضح أن السرعة والكتلة مرتبطتان معاً في كمية فيزيائية مهمة، وهي ما تعرف باسم  
كمية التحرك.

كمية التحرك = الكتلة × السرعة

$$P = m v$$

ونظراً إلى أن السرعة (  $v$  ) كمية متجهة، فإن كمية التحرك (  $P$  ) تكون كمية متجهة أيضاً، واتجاهها هو اتجاه  
السرعة، ووحدة كمية التحرك هي (  $\text{kg.m/s}$  ).



## Newton's second law

## قانون نيوتن الثاني

عرفنا من قانون نيوتن الأول أن الجسم الذي لا تؤثر عليه قوة لا يتحرك بعجلة، وهذا بلا شك يقودنا إلى أن الجسم الذي تؤثر عليه قوة خارجية محصلة ( $\Sigma F \neq 0$ ) تتغير سرعته ويكتسب عجلة ( $a \neq 0$ )، ولقد حدد نيوتن العوامل التي تتوقف عليها هذه العجلة من خلال قانونه الثاني

**قانون نيوتن الثاني للحركة:** "القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما تساوي المعدل الزمني للتغير في كمية تحرك هذا الجسم"

$$F = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t} \quad \text{ومن قانون نيوتن الثاني}$$

$$F = m \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = ma \longrightarrow a = \frac{F}{m}$$

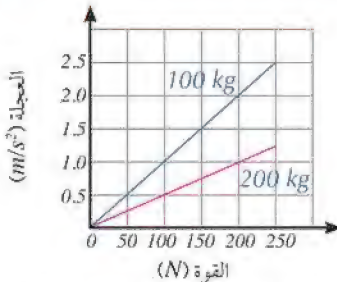
مما سبق يمكن التوصل إلى أن العجلة تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة على الجسم، وعكسياً مع كتلته.



وبناء على ذلك يمكن صياغة قانون نيوتن الثاني على النحو التالي:

**صيغة أخرى لقانون نيوتن الثاني للحركة:** "إذا أثرت قوة محصلة على جسم أكسبته عجلة تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسياً مع كتلته".

$$F = ma \quad \text{أو} \quad a = \frac{F}{m} \quad \text{والصيغة الرياضية للقانون:}$$



شكل (٣٤) علاقة بيانية بين القوة والعجلة مع اختلاف الكتل

وبرسم العلاقة البيانية بين العجلة التي يتحركها الجسم والقوة المؤثرة عليه نجد أن العجلة التي يتحرك بها الجسم تزداد بزيادة القوة، كما أن الجسم ذا الكتلة الأقل (مثلاً: 100 kg) يتحرك بعجلة أكبر من الجسم ذي الكتلة الأكبر (200 kg) إذا أثرت عليها نفس القوة. وفي ضوء قانون نيوتن الثاني يمكن إعادة تعريف وحدة النيوتن (N) من خلال هذا القانون "النيوتن هو مقدار القوة التي إذا أثرت على جسم كتلته 1 kg أكسبته عجلة مقدارها 1 m/s² أي أن 1 نيوتن = 1 كجم / م / ث²"





## تنمية التفكير الناقد



\* تؤثر قوة مقدارها  $1\text{ N}$  في مكعب خشبي فتكسبه عجلة معلومة. عندما تؤثر القوة نفسها في مكعب آخر فتكسبه عجلة أكبر بثلاثة أمثال، فماذا تستنتج حول كتلة كل من هذين المكعبين؟

(العلاقة بين الكتلة والعجلة)

## تطبيقات حياتية

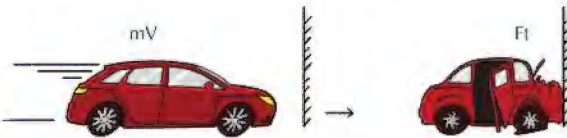
من دراسة العلاقة:

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

يمكن أن نتوصل إلى أن القوة المؤثرة على الجسم تزداد بزيادة الكتلة، والتغير في السرعة، وتقل بزيادة زمن التأثير، في ضوء ما سبق فسر الظواهر الحياتية التالية:



لو حدثت التغير لكتلة التحرك في فترة زمنية أطول، لكان تأثير قوة التصادم أقل.



لو حدثت تغير لكتلة التحرك في فترة زمنية قصيرة، لكان تأثير قوة التصادم أكبر.

- ◆ اصطدام سيارة بحائط يكون أكثر تدميراً من اصطدامها بكومة من القش.
- ◆ إذا سقط شخص من مكان مرتفع في الماء فإنه لا يتأذى بينما إذا سقط على الأرض فإنه قد يتأذى.
- ◆ تزداد حدة الإصابة بزيادة الارتفاع الذي يسقط منه الشخص.
- ◆ إذا سقطت بيضة على وسادة فإنها لا تنكسر بينما تنكسر إذا سقطت على الأرض.



- ◆ اصطدام شاحنة كبيرة بحائط يكون أكثر تدميراً من اصطدام شاحنة صغيرة.
- ◆ تستخدم الوسائد الهوائية في السيارات لحماية السائق عند حدوث تصادم.

## مثال محلول

يدفع ولد صندوقاً كتلته  $20 \text{ kg}$  بقوة مقدارها  $50 \text{ N}$  احسب عجلة الصندوق؟ (افتراض عدم وجود احتكاك).

الحل:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ m s}^{-2} \quad \text{من القانون الثاني لنيوتن عن الحركة}$$

## مثال محلول

تحركت سيارة كتلتها  $1000 \text{ kg}$  من السكون لتكتسب سرعة  $20 \text{ m s}^{-1}$  بعد زمن  $5 \text{ s}$  احسب قوة دفع السيارة للأمام (افتراض عدم وجود احتكاك)

الحل:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{20 - 0}{5} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F = ma = (1000)(4) = 4000 \text{ N}$$

ومن ثم فإن

## الكتلة والوزن Mass and Weight

من قانون نيوتن الثاني نتوصل إلى أن تحريك أو إيقاف جسم كتلته كبيرة كالطائرة أصعب بكثير من تحريك أو إيقاف جسم كتلته صغيرة كالدراجة، لذا نقول إن الطائرة تمنع أي تغيير في حالتها الحركية أكثر من ممانعة الدراجة، فالكتلة هي مقدار ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته الحركية الانتقالية.



شكل (٣٣) كتلة الطائرة هي ممانعتها لأي تغيير في حالتها الحركية

ونتوصل أيضًا من قانون نيوتن الثاني إلى أن أي جسم يكتسب عجلة فلا بد من وجود قوة تؤثر عليه، وفي حالة سقوط جسم فإنه يتحرك بعجلة السقوط الحر مما يعني أنه يتأثر بقوة تعرف بقوة الجاذبية الأرضية، لذا يعرف الوزن بأنه قوة جذب الأرض للجسم، ويكون اتجاهه نحو مركز الأرض، ويحسب الوزن من العلاقة:  $w = mg$



## Newton's third law

## قانون نيوتن الثالث



شكل (٣٦): عند خروج القذيفة من البندقية، ماذا يحدث للبندقية؟



شكل (٣٥): إذا جلست على كرسي متحرك (له عجلات) ثم قمت بدفع الحائط الذي أمامك برجليك، ماذا يحدث لك؟

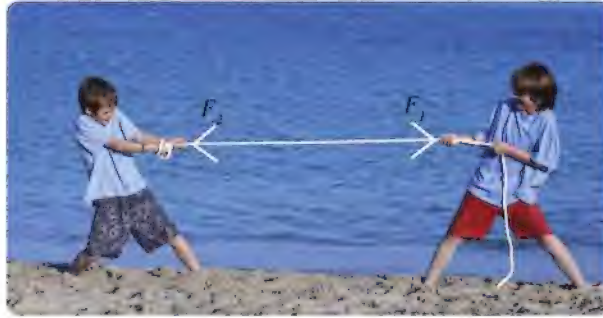


شكل (٣٤): إذا قمت بنفخ بالون بالهواء ثم تركت الهواء ليندفع منه، ماذا يحدث للبالون؟

## ركن التفكير

عندما تصطدم شاحنة كبيرة بسيارة صغيرة على أى الجسمين تكون قوة التصادم أكبر؟

لقد وجد (نيوتن) تفسيرًا لكل الظواهر السابقة من خلال قانونه الثالث الذى يبحث فى طبيعة القوى التى تؤثر على الأجسام، والتى تتواجد بشكل أزواج متساوية فى المقدار ومتعاكسة فى الاتجاه.



شكل (٣٧): قوة الفعل تساوى قوة رد الفعل فى المقدار وتضادها فى الاتجاه

**قانون نيوتن الثالث للحركة:** عندما يؤثر جسم على جسم آخر بقوة فإن الجسم الثانى يؤثر على الجسم الأول بقوة مساوية لها فى المقدار ومضادة لها فى الاتجاه، أى أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه.

والصيغة الرياضية للقانون هى:  $F_1 = -F_2$



شكل (٣٨): تساوى قراءة الميزان الزنبركى الأول مع قراءة الميزان الزنبركى الثانى



## ويتضمن القانون الثالث ما يأتي:

- ♦ لا توجد في الكون قوة مفردة؛ لذلك فإن قوة الفعل ورد الفعل ينشآن معا ويختفیان معا.
- ♦ للفعل ورد الفعل طبيعة واحدة، فإذا كان الفعل قوة جاذبية فإن رد الفعل يكون قوة جاذبية أيضًا.
- ♦ لا يمكن القول بأن محصلة الفعل ورد الفعل تساوي صفرًا؛ لأنهما يؤثران على جسمين مختلفين.

## تطبيقات علمية

- ♦ تعتمد فكرة عمل الصاروخ على قانون نيوتن الثالث، حيث تندفع كتلة ضخمة من الغازات المشتعلة من أسفل الصاروخ فيكون رد فعل الصاروخ الاندفاع إلى أعلى.

## تدريب

حدد قوة الفعل وقوة رد الفعل في كل صورة مما يلي:



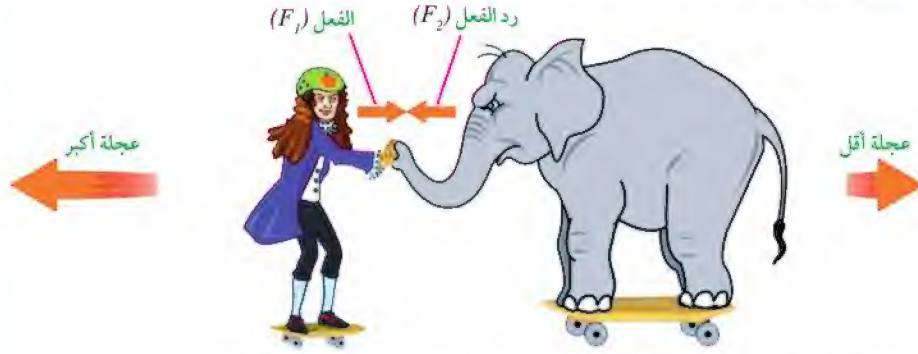
## إدارة الوقت:

- ♦ احرص على استغلال وقتك أثناء الاختبارات فلن تحصل على درجات إضافية إذا أنهيت الاختبار مبكرًا لذا عليك الإجابة بدقة وحذر، والمراجعة عدة مرات تجنبًا للوقوع في أخطاء عدم الانتباه الذي يمكن أن يحدث عندما تريد إنهاء الاختبار بسرعة.



## مثال محلول

لاحظ الشكل التالي ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



- ١ ما العلاقة بين القوة المؤثرة على الفيل والقوة المؤثرة على الشخص؟
- ٢ لماذا تكون قوة الفعل على الفيل ورد الفعل على الشخص قوتين غير متزنتين؟
- ٣ إذا كانت كتلة الفيل تساوي 6 مرات قدر كتلة الرجل، فاحسب العجلة التي يتحرك بها الفيل إذا تحرك الرجل بعجلة  $2m/s^2$ ؟ لماذا تكون عجلة الفيل سالبة الإشارة؟

الحل:

- ١ القوة المؤثرة على الشخص = - القوة المؤثرة على الفيل.

$$F_1 = -F_2$$

- ٢ لكي يحدث الاتزان بين قوتين يشترط أن تكونا متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه، وخط عملها واحد، ويؤثران على نفس الجسم، وتنطبق جميع هذه الشروط على قوى الفعل ورد الفعل فيما عدا الشرط الأخير، حيث إن الفعل يؤثر على جسم (الفيل) ورد الفعل يؤثر على جسم آخر (الشخص).
- ٣ حساب العجلة التي يتحرك بها الفيل

$$F_1 = -F_2$$

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$\frac{-a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$m_2 = 6m_1 \quad \text{وحيث إن}$$

$$\frac{-2}{a_2} = 6$$

$$a_2 = -\frac{1}{3} m/s^2$$

وتدل الإشارة السالبة على أن الفيل يتحرك في عكس اتجاه حركة الشخص.

# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الثالث

### القوة والحركة

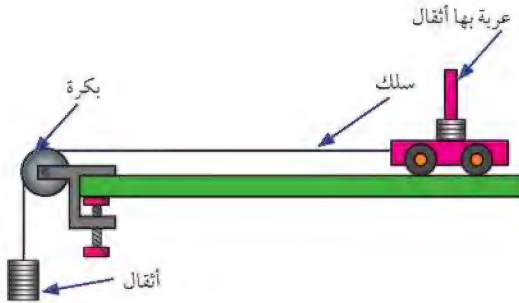
#### أولاً - التجارب العملية

##### (١) العلاقة بين القوة والعجلة:

##### فكرة التجربة:

عندما تؤثر قوة على جسم فإنه يتحرك بعجلة، ولإيجاد العلاقة بين القوة والعجلة يتم سحب عربة صغيرة باستخدام قوى معلومة (وهي القوى الناشئة عن أوزان أثقال معلومة الكتلة) وقياس العجلة التي تتحرك بها العربة من العلاقة  $a = \frac{F}{m} = \frac{w}{m}$  وبرسم العلاقة بين القوة والعجلة يمكن استنتاج العلاقة بينهما.

##### الخطوات:



١ ركب الأدوات كما في الشكل المجاور.

٢ أضف أثقالاً كتلة كل منها (5 g) بشكل تدريجي إلى الخطاف

إلى أن تبدأ العربة بالحركة ببطء وبسرعة ثابتة، ومعنى ذلك أن هذه الأثقال قد ألغت تأثير قوة الاحتكاك.

٣ ماذا تتوقع أن يحدث إذا أضفت أثقالاً أخرى؟

٤ خذ أحد الأثقال كتلته (10 g) وعلقه على الخطاف.

٥ قس المسافة (d) التي ستقطعها العربة.

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:  
تستنتج العلاقة بين كتلة الجسم والعجلة التي يتحرك بها عندما تؤثر عليه قوة.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

الملاحظة - القياس - الدقة في إجراء القياسات - الاستنتاج - العمل التعاوني.

#### المواد والأدوات :

لوح خشبي أملس - متر خشبي - خيط - عربة صغيرة - خطاف - مجموعة أثقال - بكرة ملساء - سلك معدني - ساعة إيقاف.





٦) اسمح للعربة بالحركة وقس الزمن اللازم ( $t$ ) لتقطع المسافة ( $d$ ) وكرر هذه الخطوة ثلاث مرات وسجل متوسط الزمن في الجدول.

٧) علق ثقلاً آخر ( $10\text{ g}$ ) على الخطاف وكرر الخطوة السابقة، ثم خذ الثقل الثالث ( $10\text{ g}$ ) وعلقه في الخطاف وكرر الخطوة السابقة وسجل نتائجك في الجدول.

#### النتائج:

١) احسب في كل مرة القوة المسببة للعجلة (القوة تساوى وزن الكتلة التى أضفتها  $F = mg = 10m$ ).

ب) احسب العجلة التى تتحرك بها العربة من العلاقة:  $a = 2d/t^2$

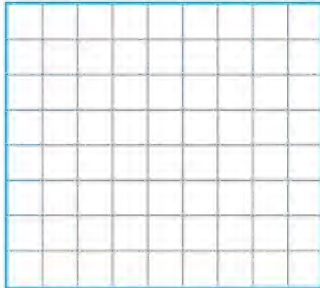
ج) دون النتائج فى الجدول التالى:

الكتلة	القوة	الزمن	مربع الزمن	المسافة	العجلة
0.01 kg	0.1 N	.....	.....	.....	.....
0.02 kg	0.2 N	.....	.....	.....	.....
0.03 kg	0.3 N	.....	.....	.....	.....

تحليل النتائج: مثل بيانياً العلاقة بين القوة على المحور الرأسى والعجلة على المحور الأفقى.

عين ميل الخط البيانى، ثم احسب كتلة العربة من الرسم البيانى.

#### الاستنتاجات:



### ثانياً - الأنشطة التقويمية



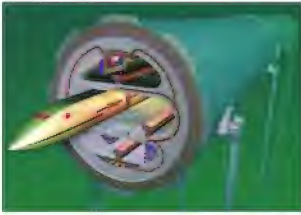
١) صمّم نموذجاً لصاروخ يعمل بدفع الهواء بتثبيت خيط بين جدارين متقابلين بحيث يمر من خلال أنبوب ماص، ثم تثبت بالون مملوء بالهواء فى الأنبوبة مع غلق الطرف المفتوح بالإصبع، بعد ذلك ابعد يدك عن فوهة البالون ليسمح بخروج الهواء منه. إلى أين يتجه البالون؟ ما وجه الشبه بين حركة البالون وحركة الصاروخ؟



نموذج للمركبة الهوائية

٢ يعتقد بعض العلماء أن المركبات الهوائية (Hovercraft) ستكون وسيلة المواصلات الرئيسية في المستقبل بَرًا وبحرًا، وتتحرك هذه المركبات على وسائد هوائية تعمل على تقليل احتكاكها بالماء أو الطريق، وبالتالي تحقق النصف الثاني من قانون نيوتن الأول، حيث تستمر في حركتها بدون توقف بسبب انعدام قوة الاحتكاك مما يجعل سرعتها أكبر بكثير من السفن والسيارات.

بالتعاون مع زملائك صمم نموذجًا للمركبة الهوائية باستخدام غطاء زجاجة مياه، وبالون، ومادة لاصقة، وأسطوانة مدمجة.



٢ تستعد الصين لتصنيع القطار الأكثر سرعة في العالم، ويعتمد القطار، في سيره، على نفق خال من الهواء، ما يعنى عدم وجود احتكاك بين القطار والهواء المقاوم للسرعة؛ لعدم وجود الهواء في النفق أصلاً. اكتب بحثًا عن هذا النوع من القطارات ومدى إمكانية تطبيقها في مصر.

### ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

١ إذا تحرك قطار فجأة للأمام، فما الاتجاه الذى ستتحرك فيه حقيبة صغيرة موضوعة أسفل أحد المقاعد؟

٢ يمكن القول بأن القانون الأول للحركة هو حالة خاصة من القانون الثانى، وضح ذلك.



٢ ما وزن مجس فضائى كتلته  $225\text{ kg}$  على سطح القمر، بفرض أن عجلة الجاذبية على سطح القمر تساوى  $1.62\text{ m/s}^2$

٤ احسب العجلة التى تتحرك بها مجموعة الأثقال إذا علمت أن الكتلة الأولى تساوى  $(5\text{ kg})$ ، والكتلة الثانية تساوى  $(7\text{ kg})$  مع إهمال قوة الاحتكاك.

٥ قذف رائد فضاء جسمًا صغيرًا فى اتجاه معين، ماذا يحدث لهذا الرائد؟ وفى ضوء ذلك اقترح طريقة لتمكين المركبة الفضائية من تغيير اتجاهها خارج الغلاف الجوى.



## ٦ اختر الإجابة الصحيحة:

- ١ عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة على سيارة متحركة صفراً، .....  
 أ تتحرك السيارة بعجلة موجبة. ب تتحرك السيارة بعجلة موجبة.  
 ج تتحرك السيارة بسرعة منتظمة. د تتوقف السيارة.  
 ٢ نعبّر عن قانون نيوتن الثالث بالعلاقة الرياضية .....

$$\Sigma F \neq 0$$

$$\Sigma F = 0$$

$$F_1 = -F_2$$

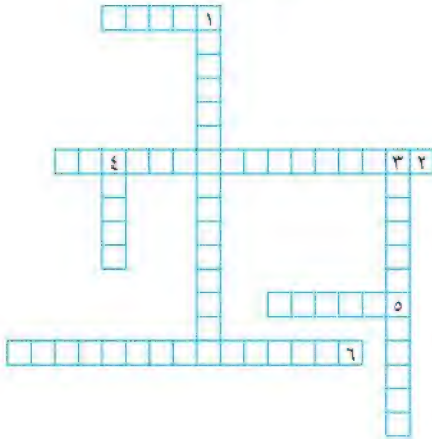
$$F = m a$$

## ٧ أكمل المخطط التالي:



## ٨ أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:

أفقياً:



- (١) قوة جذب الأرض للجسم.  
 (٢) لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.  
 (٣) مقدار ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته الحركية الانتقالية.  
 (٤) يبقى الجسم الساكن ساكناً والجسم المتحرك يبقى متحركاً بسرعة ثابتة في خط مستقيم ما لم تؤثر على أي منهما قوة محصلة تجبرهما على تغيير ذلك.

رأسياً:

- (١) جهاز قياس القوة.  
 (٢) ميل الجسم الساكن إلى الاستمرار في السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار في الحركة بسرعيته الأصلية.  
 (٣) مؤثر خارجي يؤثر على الجسم فيسبب تغييراً في حالته أو اتجاهه.





## تدريبات عامة على الباب الثانى

### اختبر الإجابة الصحيحة

١ تسير دراجة بسرعة ثابتة فى خط مستقيم فى اتجاه الشرق، عندما تكون القوة المحصلة على الدراجة .....

- ☐ أ صفرًا. ☐ ب سالبة.  
☐ ج موجبة. ☐ د فى اتجاه الشرق.

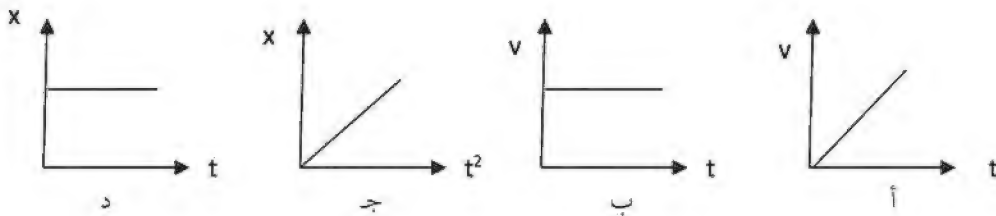
٢ عند قذف جسم بسرعة ابتدائية  $v_i$  فى اتجاه يميل بزاوية  $60^\circ$  على الاتجاه الأفقى، فإنه يصل إلى مسافة أفقية  $R$ . فكى يصل الجسم إلى مسافة أبعد علينا قذفه بنفس السرعة بزاوية .....

- ☐ أ  $90^\circ$  ☐ ب  $75^\circ$   
☐ ج  $45^\circ$  ☐ د  $30^\circ$

٣ يتحرك الجسم بعجلة منتظمة عندما .....

- ☐ أ يقطع مسافات متساوية فى أزمنة متساوية.  
☐ ب تتناقص سرعته بمقادير متساوية فى أزمنة متساوية.  
☐ ج تزداد سرعته بمقادير متساوية فى أزمنة غير متساوية.  
☐ د تكون القوة المحصلة المؤثرة على الجسم صفرًا.

٤ الشكل البيانى الذي يمثل جسمًا يتحرك بسرعة منتظمة ...

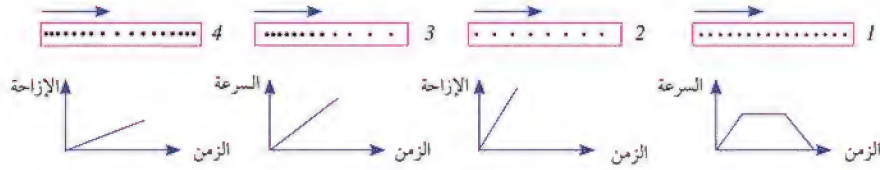


٥ عندما يكون اتجاه العجلة عكس اتجاه السرعة ...

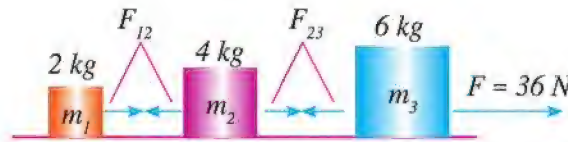
- ☐ أ تقل القوة المحصلة. ☐ ب تزداد سرعة الجسم.  
☐ ج تظل سرعة الجسم ثابتة. ☐ د تتناقص سرعة الجسم.



٢) وفق كل نموذج نقطي يصف حركة جسم مع الرسم البياني الذي يصف نفس الحركة:



٣) ثلاث كتل متصلة بواسطة خيوط مهملة الكتلة، سحبت الكتلة بقوة أفقية على سطح أملس، كما في الشكل، أوجد:

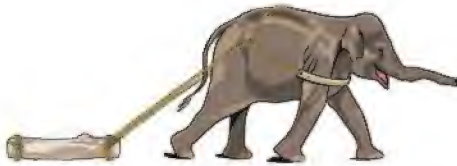


➡ عجلة كل الكتلة.

➡ قوة الشد في كل خيط.

٤) يجرفيل ساقاً خشبية كتلتها (0.5 ton) على سطح

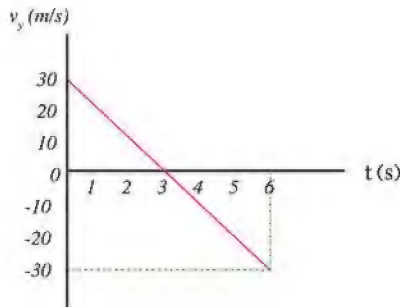
أفقي بسرعة ثابتة بواسطة حبل، يصنع زاوية  $60^\circ$  مع المستوى الأفقي كما في الشكل، إذا علمت أن قوة الاحتكاك بين الساق والأرض (200 N)، فاحسب:



➡ قوة الشد في الحبل.

➡ قوة الشد اللازمة كي تكتسب الساق عجلة

$2 \text{ m/s}^2$ .



٥) الرسم البياني يعبر عن تغير مركبة السرعة العمودية

لجسم مقذوف في مجال جاذبية الأرض، إذا كانت زاوية القذف  $30^\circ$ ، فاحسب:

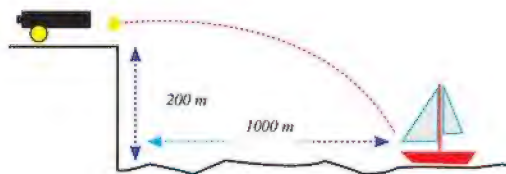
➡ مقدار السرعة التي قذف بها الجسم.

➡ أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.

➡ المدى الأفقي للجسم.

٦) في الشكل احسب السرعة التي يجب أن تنطلق بها القذيفة من فوهة المدفع لكي تصيب السفينة.

( $a = 10 \text{ m/s}^2$ )





## ملخص الباب

أولاً: المفاهيم الرئيسية:

- ◇ **الحركة:** هي التغير الحادث في موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر.
- ◇ **السرعة:** هي الإزاحة التي يقطعها الجسم في الثانية الواحدة.
- ◇ **العجلة:** هي التغير في سرعة الجسم خلال وحدة الزمن.
- ◇ **عجلة السقوط الحر:** هي العجلة المنتظمة التي تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها سقوطاً حراً نحو سطح الأرض.

ثانياً: العلاقات الرئيسية:

$$v_f = v_i + at \quad d = v_i t + \frac{1}{2} at^2 \quad 2 ad = v_f^2 - v_i^2$$

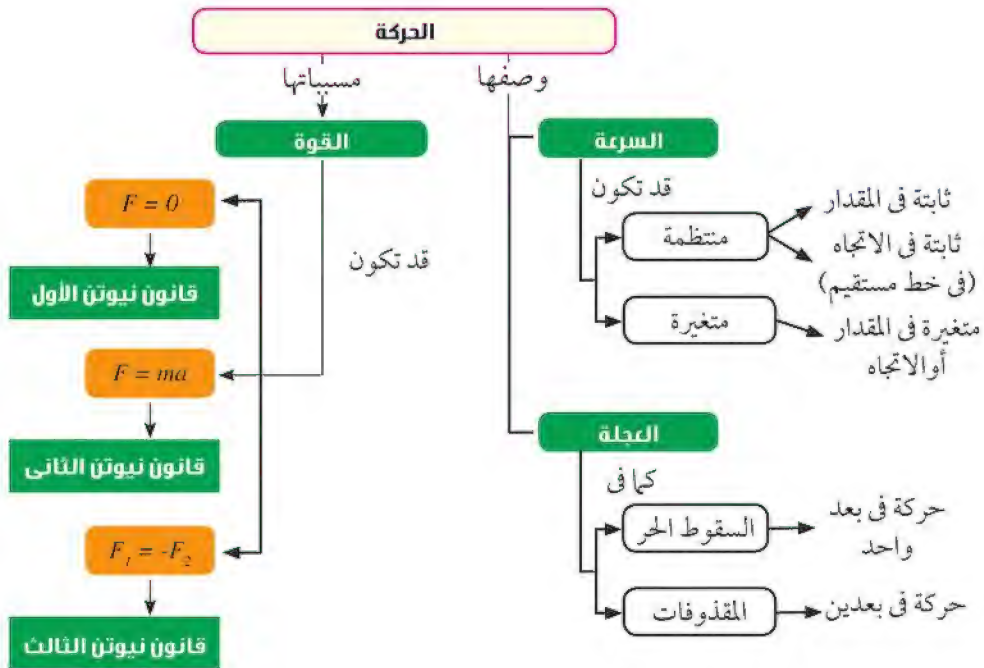
$$v_{ix} = v_i \cos \theta \quad v_{iy} = v_i \sin \theta$$

ثالثاً: القوانين الرئيسية:

- ◇ **قانون نيوتن الأول:** "يظل الجسم على حالته من سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته".  $\Sigma F = 0$
- ◇ **قانون نيوتن الثاني:** "إذا أثرت قوة محصلة على جسم أكسبته عجلة تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسياً مع كتلته"  $F = ma$
- ◇ **قانون نيوتن الثالث:** لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.  $F_1 = -F_2$



## خريطة الباب



# الحركة الدائرية

## Circular Motion

### فصول الباب

الفصل الأول : قوانين الحركة الدائرية

الفصل الثاني : الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

## مقدمة الباب

تعتبر الحركة في دائرة من أهم أنواع الحركة الشائعة في الطبيعة، كحركة بعض الألعاب في الملاهي، وحركة الأرض حول الشمس، والقمر حول الأرض، وغيرها، لذا سنخصص هذا الباب لدراسة الحركة في دائرة، ووصف كيفية حدوثها، ودراسة العديد من الأمثلة الحياتية عليها واستنتاج العلاقات الرياضية المستخدمة في وصفها، وكذلك عرض أهم التطبيقات الحياتية والتكنولوجية ذات الصلة بها.

### أهداف الباب

في نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- ❖ تستنتج قوانين الحركة في دائرة.
- ❖ تستنتج قيمة العجلة المركزية وتحدد مفهومها.
- ❖ تستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- ❖ تحسب قيمة القوة الجاذبة المركزية.
- ❖ تستنتج قانون الجذب العام.
- ❖ تستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعي أثناء حركته حول الأرض.
- ❖ تفسر دوران القمر حول الأرض في مسار ثابت تقريبًا.

### الجوانب الوجدانية المتضمنة

- ❖ تقدير جهود (إسحاق نيوتن) في اكتشاف قانون الجذب العام.
- ❖ تقدير دور العلم وتطبيقاته في خدمة المجتمع من خلال دراسة أهمية الأقمار الصناعية.
- ❖ اكتساب بعض جوانب الوعي المروري، وإدراك أهمية اتباع القواعد المرورية الصحيحة.

### عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- ❖ التفسير العلمي.
- ❖ الاستنتاج.
- ❖ المقارنة.
- ❖ التصنيف.
- ❖ حل المشكلات.
- ❖ التطبيق.
- ❖ مهارة عرض البيانات.



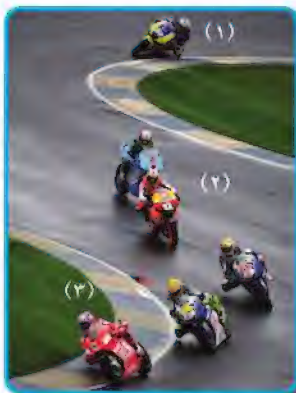
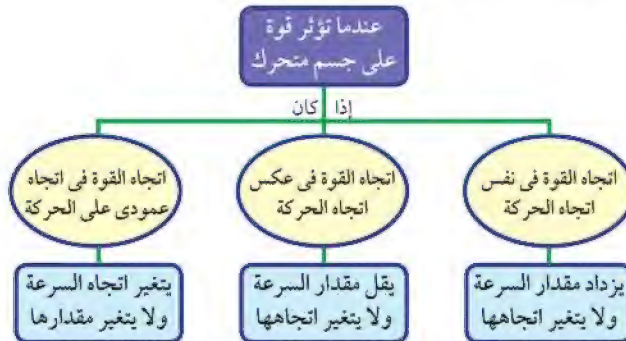


## الفصل الأول

# قوانين الحركة الدائرية

## Laws of circular motion

من خلال دراستك لقانون نيوتن الثاني تعلمت أنه عندما تؤثر قوة على جسم متحرك بسرعة منتظمة فإنه يكتسب عجلة، أي يحدث تغير في سرعته، ويعتمد التغير الحادث في السرعة على اتجاه القوة المؤثرة بالنسبة لاتجاه الحركة، وذلك على النحو التالي:



شكل (١): الحركة في مسارات منحنية

فعندما يزيد المتسابق (٢) في الشكل (١) من تدفق الوقود تكتسب الدراجة النارية قوة في نفس اتجاه الحركة فتزداد سرعتها، أما عندما يضغط على الفرامل فإن القوة تكون في عكس اتجاه الحركة فتقل السرعة، وعندما يميل المتسابق (١ أو ٣) بجسمه يميناً أو يساراً تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة، وبالتالي يتغير اتجاه الحركة ويسير في مسار دائري.

ويبين الرابط المقابل سبب حركة جسم في مسار دائري.



### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:

- تستنتج قوانين الحركة في دائرة.
- تستنتج قيمة العجلة المركزية وتحدد مفهومها.
- تستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- تحتسب القوة الجاذبة المركزية.

### مصطلحات الفصل :

- الحركة الدائرية  
Circular Motion
- العجلة المركزية  
Centripetal Acceleration
- القوة الجاذبة المركزية  
Centripetal Force

### مصادر التعلم الإلكترونية:

- فيلم تعليمي: مقدمة عن الحركة في دائرة.  
[http://www.youtube.com/watch?v=PBpe\\_LLIQJw](http://www.youtube.com/watch?v=PBpe_LLIQJw)
- عروض عملية: قانون الحركة في دائرة.  
<http://www.youtube.com/watch?v=Juc9m0BFx0I>



➤ الحركة الدائرية المنتظمة: هي حركة جسم في مسار دائري بسرعة ثابتة في المقدار ومتغيرة في الاتجاه، وتسمى القوة المؤثرة على هذا الجسم في اتجاه المركز بالقوة الجاذبة المركزية.

➤ القوة الجاذبة المركزية: هي تلك القوة التي تؤثر باستمرار في اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائري.

#### المعمل الصغير



شكل (٤): لماذا لا يخرج الماء من فوهة الدلو؟

#### القوة الجاذبة المركزية:

❁ قم بملء دلو إلى منتصفه بالماء وحركه في دائرة رأسية بسرعة كافية، هل يخرج الماء من فوهة الدلو؟  
❁ يمكن تفسير عدم خروج الماء من فوهة الدلو بأن القوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه تكون عمودية على اتجاه الحركة وبالتالي تعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير لمقدارها فتدور المياه في المسار الدائري وتبقى داخل الدلو.

#### Types of Centripetal Forces

#### ١- أنواع القوى الجاذبة المركزية

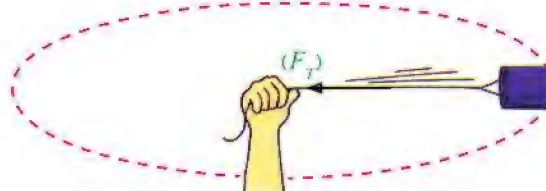


شكل (٥): لماذا يشعر الرياضي بقوة شد في ذراعية أثناء دورانه؟

لا تعتبر القوة الجاذبة المركزية نوعاً جديداً من القوى، فهي ببساطة الاسم المعطى لأي قوة تؤثر عمودياً على مسار حركة الجسم وتجعله يتحرك في مسار دائري، فقد تكون القوة الجاذبة المركزية هي قوة شد، أو قوة تجاذب مادي، ... إلخ. وفيما يلي بعض أمثلة هذه القوى:

١-١ قوة الشد ( $F_T$ ): عند سحب جسم باستخدام حبل أو سلك تنشأ فيه قوة شد، وعندما تكون هذه القوة في اتجاه

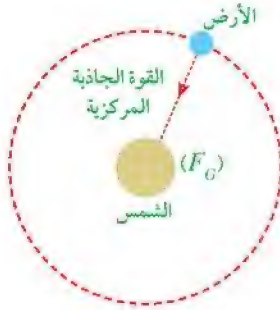
عمودي على اتجاه حركة جسم يتحرك بسرعة ثابتة، فإنه يتحرك في مسار دائري، وتكون قوة الشد هي نفسها القوة الجاذبة المركزية.



شكل (٦): تعمل قوة الشد في الخيط كقوة جاذبة مركزية

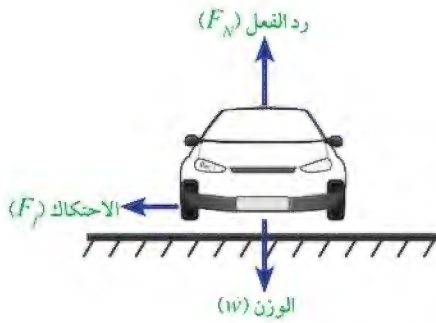


٢-١ قوة التجاذب المادي ( $F_G$ ): تنشأ بين الأرض والشمس قوة تجاذب عمودية على اتجاه حركة الأرض، لذا تتحرك الأرض في مسار دائري حول الشمس.



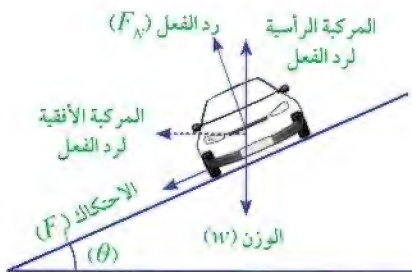
شكل (٧): تعمل قوة التجاذب المادي كقوة جاذبة مركزية

٣-١ قوة الاحتكاك ( $F_f$ ): عندما تنعطف سيارة في مسار دائري أو منحنى تنشأ قوة احتكاك بين الطريق وإطارات السيارة، وتكون هذه القوة عمودية على اتجاه حركة السيارة وفي اتجاه مركز الدائرة وبالتالي تتحرك السيارة في المسار المنحني.



شكل (٨): تعمل قوة الاحتكاك كقوة جاذبة مركزية

٤-١ قوة رد الفعل ( $F_N$ ): تؤثر قوة رد الفعل دائماً عمودياً على السيارة، وفي حالة إذا كان المسار الدائري للسيارة مائلاً بزاوية على الأفقى تنتج مركبة أفقية لقوة رد الفعل باتجاه مركز الدائرة تساعد على دوران السيارة. وفي هذه الحالة تكون القوة الجاذبة المركزية هي مجموع مركبة قوة رد الفعل الأفقية وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران.

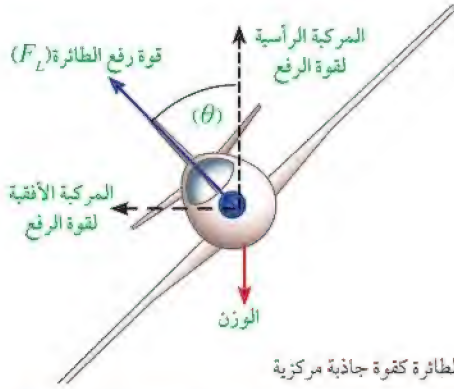


شكل (٩): القوة الجاذبة المركزية هي مجموع مركبتي رد الفعل والاحتكاك في الاتجاه الأفقى





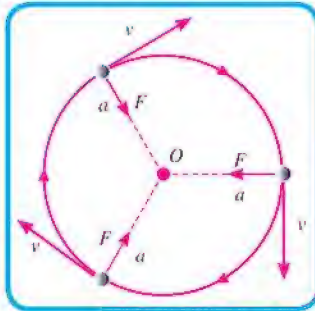
١-٥ قوة الرفع ( $F_L$ ): تؤثر قوة رفع الطائرة دائماً عمودياً على جسم الطائرة، وعندما تميل الطائرة تنتج مركبة أفقية لقوة الرفع باتجاه مركز الدائرة فتكون هي القوة المركزية المؤثرة على الطائرة.



شكل (١٠): تعمل المركبة الأفقية لقوة رفع الطائرة كقوة جاذبة مركزية

## Centripetal Acceleration

## ٢-العجلة المركزية



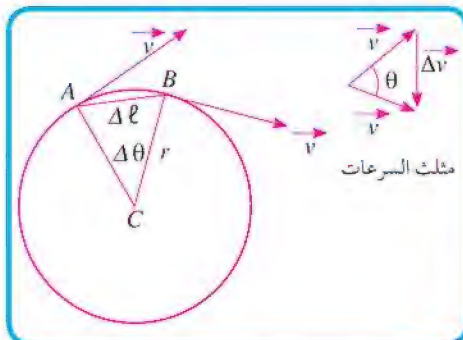
شكل (١١): متجه السرعة ومتجه العجلة أثناء الحركة المنتظمة في مسار دائري

عندما تؤثر قوة مقدارها ( $F$ ) عمودياً على اتجاه حركة جسم كتلته ( $m$ ) وسرعته ( $v$ ) فإنه يتحرك في مسار دائري نصف قطره ( $r$ )، ويحدث تغير في اتجاه السرعة، وبالتالي تكون للجسم عجلة ( $a$ ) تسمى بالعجلة المركزية ويكون اتجاهها في نفس اتجاه القوة الجاذبة المركزية.

وبين الرابط التالي كيفية حساب العجلة المركزية



العجلة المركزية ( $a$ ): هي العجلة التي يكتسبها الجسم في الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.



شكل (١٢): حركة جسم من (A) إلى (B)

ويلاحظ من الشكل (١٢) أنه عند تحرك الجسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) أن السرعة ( $v$ ) تتغير في الاتجاه، ولكن تحتفظ بمقدارها ثابتاً؛ وبذلك فإن التغير في السرعة ( $\Delta v$ ) ينتج عن التغير في اتجاه السرعة فقط.

حساب قيمة العجلة المركزية:



من تشابه المثلث (CAB) مع مثلث السرعات المبين في شكل (١٢) يمكن كتابة العلاقة الآتية:

$$\frac{\Delta \ell}{r} = \frac{\Delta v}{v} \quad (1)$$

حيث  $\Delta v$  في اتجاه مركز الدائرة

$$\therefore \Delta v = \frac{\Delta \ell}{r} \cdot v \quad (2)$$

فإذا انتقل الجسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) في فترة زمنية  $(\Delta t)$  فإن العجلة في اتجاه المركز (a) تحسب بقسمة المعادلة (2) على  $(\Delta t)$ :

$$\begin{aligned} \therefore a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} = v \frac{\Delta \ell}{\Delta t} \cdot \frac{1}{r} \\ &\therefore \text{وحيث أن } \frac{\Delta \ell}{\Delta t} \text{ يساوى } (v) \text{ فإن العجلة المركزية تساوى:} \\ \therefore a &= \frac{v^2}{r} \quad (3) \end{aligned}$$

حساب قيمة القوة الجاذبة المركزية (F):

من قانون نيوتن الثاني تعطى القوة من العلاقة  $(F = m a)$  أى أن:

القوة المركزية أثناء الحركة الدائرية المنتظمة = الكتلة  $\times$  العجلة المركزية

وبالتعويض عن قيمة العجلة المركزية من العلاقة (3) نجد أن:

$$\therefore F = m \times \frac{v^2}{r} \quad (4)$$

حساب قيمة السرعة المماسية (v):

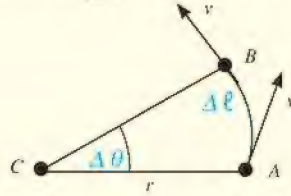
إذا افترضنا أن الجسم قام بعمل دورة كاملة في المسار الدائري خلال زمن قدره (T) ويطلق على هذا الزمن مصطلح الزمن الدوري، وخلال هذا الزمن يكون قد قطع مسافة مقدارها محيط الدائرة وهو  $(2\pi r)$  وبالتالي يمكن حساب السرعة المماسية (سرعة الدوران) على النحو التالي:

$$v = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{2\pi r}{T}$$

معنى ذلك أنه يمكن حساب السرعة المماسية (v) بمعلومة كل من الزمن الدوري (T) ونصف قطر الدوران (r).

معلومة إثرائية

➔ إذا تحرك جسم بسرعة مماسية ( $v$ ) في دائرة نصف قطرها ( $r$ ) من النقطة ( $A$ ) إلى النقطة ( $B$ ) ليقطع مسافة ( $\Delta l$ ) وزاوية قدرها ( $\Delta \theta$ ) في زمن قدره ( $\Delta t$ ) فإن المقدار  $\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta t}\right)$  يعرف بالسرعة الزاوية ( $\omega$ ).



$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad (1)$$

ومن المعروف أن قيمة الزاوية بالتقدير الدائري تساوي النسبة بين طول القوس إلى نصف قطر المسار.

$$\Delta \theta = \frac{\Delta l}{r}$$

أي أن:

وبالتعويض عن قيمة ( $\Delta \theta$ ) في المعادلة (1) نجد أن:

$$\omega = \frac{\Delta l}{\Delta t} \times \frac{1}{r} = \frac{v}{r}$$

$$\therefore v = \omega r$$

∴ السرعة المماسية = السرعة الزاوية × نصف القطر

وحيث إن

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\therefore \omega r = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\therefore \omega = \frac{2\pi}{T}$$

المعمل الصغير

إثبات صحة علاقة القوة الجاذبية المركزية:

✿ اربط سدادة مطاطية كتلتها ( $m$ ) في خيط ثم مرر الخيط خلال أنبوبة معدنية أو بلاستيكية (مثل: أنبوبة القلم) وبعد ذلك اربط الطرف الآخر بثقل كتلته ( $M$ ).

✿ عندما نحرك قطعة المطاط في مسار دائري فإن القوة الجاذبة المركزية تنشأ من قوة شد الخيط ( $F_r$ ) والذي يساوي

$$F = F_r = Mg \text{ أي أن: } F = F_r = Mg$$

✿ باستخدام المواد السابقة وساعة إيقاف أثبت عملياً صحة العلاقة:

$$F = Mg = m \frac{v^2}{r}$$







## مثال محلول

في التجربة السابقة كانت كتلة السدادة المطاطية (13 g)، وأدبرت السدادة في مسار دائري أفقي نصف قطره (0.93 m) لتصنع (50 دورة) في زمن قدره (59 s)، احسب كتلة الثقل المعلق في الطرف الآخر للخيوط.

الحل:

حساب الزمن الدوري:

$$T = \frac{\text{الزمن الكلي}}{\text{عدد الدورات}} = \frac{59}{50} = 1.18 \text{ s}$$

حساب السرعة:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.93}{1.18} = 4.9 \text{ m/s}$$

حساب قوة الشد:

$$F = m \frac{v^2}{r} = 0.013 \times \frac{(4.9)^2}{0.93} = 0.34 \text{ N}$$

حساب كتلة الثقل:

$$M = \frac{F}{g} = \frac{0.34}{9.8} = 0.035 \text{ kg}$$

### العوامل التي تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية:

من الضروري حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية، وذلك لكي تتحرك السيارات والقطارات في هذا المسار المنحني دون أن تنزلق، ومن خلال دراسة العلاقة (4) يمكن التوصل إلى أن القوة الجاذبة المركزية تتوقف على العوامل التالية:

١- كتلة الجسم (m): حيث تتناسب القوة الجاذبة المركزية طردياً مع الكتلة (عند ثبات v، r)، فالقوة اللازمة لتحرك دراجة في مسار منحني أقل من القوة اللازمة لتحرك شاحنة في نفس المسار، وهذا يفسر منع حركة سيارات النقل الثقيل على بعض المنحنيات الخطرة.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

لحظة إنزلاق سيارة من قمة منحدر



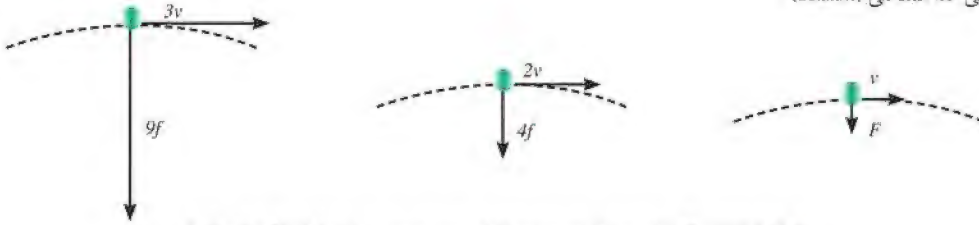
شكل (١٣): لا يسمح بمرور المقطورات والشاحنات على بعض المنحنيات الخطرة، ما تفسر ذلك؟



٢- السرعة المماسية (v): حيث تتناسب القوة المركزية طردياً مع مربع السرعة (عند ثبات r، m)، فكلما زادت سرعة السيارة احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر للحركة على المسار المنحني، لذلك يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغي تجاوزها.

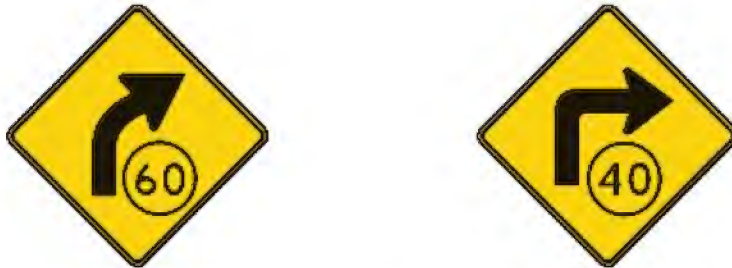


شكل (١٤): السرعة القصوى على هذا المنحني (80km/h)



شكل (١٥): تأثير تغير سرعة جسم يتحرك في مسار منحني على مقدار القوة المركزية

٣- نصف قطر الدوران (r): حيث تتناسب القوة المركزية عكسياً مع نصف قطر المسار (عند ثبات v، m)، فكلما قل نصف قطر المنحني احتاجت السيارة لقوة مركزية أكبر لتدور فيه، وبالتالي تزداد خطورة هذا المنحني، ولتجنب ذلك ينبغي السير بسرعة صغيرة على المنحنيات الخطرة.



شكل (١٦): لماذا تكون السرعة القصوى (40km/h) على المنحني الأقل في نصف القطر وتكون (60km/h) على المنحني الأكبر في نصف القطر؟

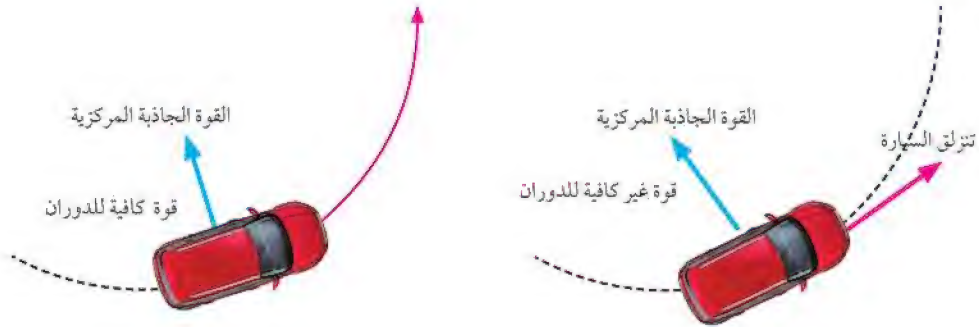
ما تأثير تناقص القوة المركزية على نصف قطر الدوران؟

عندما تناقص القوة المركزية فإن هذا يعني أن نصف القطر سيزداد؛ وذلك لأن  $(F \propto \frac{1}{r})$ ، أي أن الجسم سيبتعد عن مركز الدائرة، وإذا أصبحت القوة المركزية صفراً فإنه سيتحرك في خط مستقيم بسبب القصور الذاتي.



شكل (١٧): لماذا تنطلق شظايا المعدن المتوهجة باتجاهات مستقيمة وبسرعات مماسية عند استعمال حجر المسن الكهربائي؟

فإذا افترضنا أن سيارة تتحرك على مسار منحني وكان الطريق لزجاً فإن قوى الاحتكاك تكون غير كافية لإدارة السيارة في المسار المنحني فتتزلق السيارة وتزحف الإطارات على الطريق الجانبي، ولا يمكن للسيارة أن تستمر في المسار المنحني.



شكل (١٨) : تتزلق السيارة خارج المسار المنحني إذا كانت القوة الجاذبة المركزية غير كافية

#### أنشطة خارج حجرة الدراسة:

قم بزيارة إدارة المرور في محافظتك وذلك للتعرف على الجهود التي يبذلها رجال المرور في خدمة المواطنين، وكذلك تعرف أهم أسباب حوادث الطرق وكيفية الوقاية منها.

#### تطبيقات حياتية



شكل (١٩) : عند دوران المجفف بسرعة كبيرة تنطلق جزيئات الماء باتجاه المماس لمخيط دائرة الدوران

◆ يستفاد من ظاهرة حركة الأجسام بعيداً عن المسار الدائري عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير كافية للحركة في المسار الدائري في العديد من التطبيقات الحياتية والتي منها تجفيف الملابس، وصنع غزل البنات، ولعبة البراميل الدوارة في الملاهي ..... ففي تجفيف الملابس على سبيل المثال نجد أن جزيئات الماء ملتصقة بالملابس بقوة معينة، وعند دوران المجفف بسرعة كبيرة تكون هذه القوة غير كافية لإبقاء الجزيئات في مدارها، وبالتالي تنطلق باتجاه المماس لمحيط دائرة الدوران وتفصل عن الملابس.

#### مثال محلول

حجر كتلته (600 g) مربوط في خيط طوله (10 cm) ويدور بسرعة (3 m/s) احسب القوة الجاذبة المركزية، وما الذي تتوقع حدوثه إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الخيط هي (50 N) ؟

الحل:

حساب القوة الجاذبة المركزية:

$$F = m \frac{v^2}{r} = 0.6 \times \frac{(3)^2}{0.1} = 54 N$$

وحيث إن القوة الجاذبة المركزية أكبر من أقصى قوة شد يتحملها الخيط لذا فإنه سينقطع ويتحرك الحجر في خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري الذي كان يسلكه لحظة انقطاع الخيط.



# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الأول

### قوانين الحركة الدائرية

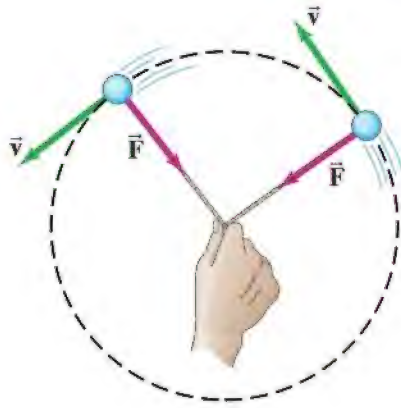
#### أولاً - التجارب العملية

(١) بيان الحركة في الدائرة:

فكرة التجربة:

علمنا أن القوة المركزية تلزم لدوران جسم في مسار دائري وتسمى القوة المركزية الجاذبة *Centripetal Force* وتهدف التجربة إلى وصف حركة جسم يدور في مسار دائري وإدراك مفهوم القوة الجاذبة المركزية.

خطوات العمل:



١ ربط كرة تنس بخيط، واترك باقي الخيط بطول مناسب (حوالي 120 cm).

٢ ارسم بالقلم الرصاص دائرة ذات نصف قطر مناسب.

٣ ضع الكرة عند نقطة على محيط الدائرة.

٤ أمسك طرف الخيط بيدك عند موضع مركز الدائرة.

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تصف حركة جسم في دائرة.
- تشرح المقصود بالقوة الجاذبة المركزية.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

الملاحظة - الوصف - الاستنتاج.

#### المواد والأدوات :

كرة تنس - خيط.

- ٥ أدر الكرة بسرعة مناسبة، بحيث تتحرك على محيط الدائرة الذى رسمته.
- ٦ كرر الخطوة السابقة بأطوال مختلفة (25 - 50 - 75 - 100 cm)، وذلك بمساعدة أفراد مجموعتك.
- ٧ اترك الخيط فجأة من يدك وسجل الاتجاه الذى تتحرك فيه الكرة.

## الملاحظات:

وصف الحركة	طول الخيط
	25 cm
	50 cm
	75 cm
	100 cm

- هل شعرت بضرورة جذب الخيط للداخل لتستمر الكرة فى الدوران فى مسارها؟ (نعم/ لا).
- عندما تركت الخيط فجأة: هل لاحظت أن الكرة تستمر فى المسار الدائرى، أم تنطلق فى اتجاه السرعة المماسية الخطية فى خط مستقيم؟

.....

.....

.....

- ارسم سهمًا من نقطة على محيط الدائرة فى اتجاه حركة الكرة التى تركتها.

.....

.....

.....

- فسر النتائج التى حصلت عليها.

.....

.....

## ثانيا - الأنشطة التقييمية



- ١ اشرح فكرة عمل أجهزة الفصل المركزى التى تعتمد على مبادئ الحركة فى دائرة، ثم اعرض لبعض استخداماتها فى المجالات المختلفة مثل: فصل خلايا الدم عن البلازما، وفصل اليورانيوم عن الشوائب فى عملية تخصيب اليورانيوم، وفصل القشدة عن اللبن ....



٢ مستعينًا بمزملائك صمّم جهازًا كالـموضح بالشكل، والذي يتكون من سلك معدني يدخل في ثقبين إحداهما بلاستيكية خفيفة والأخرى حديدية ثقيلة، ثم أدر السلك باستخدام محرك صغير. أي الكرتين سترتفع إلى أعلى أكثر من الأخرى؟ لماذا؟

٣ صمّم الجهاز المبين بالصورة بتثبيت مركز مسطرة على محور محرك صغير، وتثبيت المحرك على قاعدة خشبية ووصل المحرك مع بطارية، ثم استخدم هذا الجهاز في دراسة العلاقة بين القوة الجاذبة المركزية ونصف قطر الدوران، وكذلك القوة الجاذبة المركزية والكتلة.



### ثالثا - الأسئلة والتدريبات

١ أكمل العبارات الصحيحة التالية بما يناسبها:

أ في الحركة الدائرية المنتظمة يكون اتجاه العجلة المركزية دائمًا نحو ..... والقوة المركزية

تكون في اتجاه ..... ولا يحدث تغير في قيمة ..... ولكن يحدث تغير في .....

ب في الحركة الدائرية المنتظمة تسمى القوة ثابتة المقدار العمودية على اتجاه السرعة الخطية بـ .....

ج في الحركة الدائرية المنتظمة تتميز السرعة المماسية للجسم بأنها ..... وأنها .....

د تعتمد قيمة العجلة المركزية أثناء الحركة الدائرية المنتظمة على .....، وكذلك على .....

٢ علل لما يأتي:

أ رغم أن الجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة يتأثر بقوة مركزية جاذبة نحو المركز، لكنه لا يقترب أبدًا من مركز الدائرة.

ب عند المنعطف يميل راكب الدراجة بدراجته وجسمه نحو مركز المسار الدائري.

ج عندما تنعطف السيارة عند المنحنى تحافظ على سيرها في المنحنى ولا تحيد عنه.



٢ جسم كتلته (100 gm) يتحرك في على محيط دائرة نصف قطرها (50 cm) حركة دائرية منتظمة، بحيث يستغرق زمنًا قدره (90 s) لعمل (45) دورة كاملة.

احسب: أ زمن الدورة. ب السرعة الخطية. ج العجلة المركزية.

٤ حدد نوع القوة الجاذبة المركزية (تجاذب مادي ، تجاذب كهربى ، قوة شد، قوة رد الفعل ، قوة رفع) فى كل حالة من الحالات الآتية:



دوران الطائر



الدوران فى لعبة الكراسى الطائرة



دوران القطار

٥ عند تدوير حجر مثبت فى نهاية خيط فى مسار دائرى. ما اتجاه القوة المؤثرة عليه؟ ما فائدتها؟ ما اتجاه الحركة إذا انقطع الخيط؟

٦ ما اتجاه القوة التى يؤثر بها حزام الأمان على سائق السيارة عندما تنعطف السيارة؟

٧ رُبط جسم كتلته 2kg فى طرف خيط ليدور فى مسار دائرى أفقى نصف قطره 1.5m بحيث يصنع (3) دورات فى الثانية. احسب.

أ السرعة الخطية (المماسية).

ب العجلة المركزية.

ج قوة شد الحبل للجسم.

٨ سيارة كتلتها 1000kg تتحرك بسرعة ثابتة 5m/s تدور حول منحنى نصف قطره 50m. احسب قوة الاحتكاك المركزية التى تحافظ على حركة السيارة حول المنحنى.

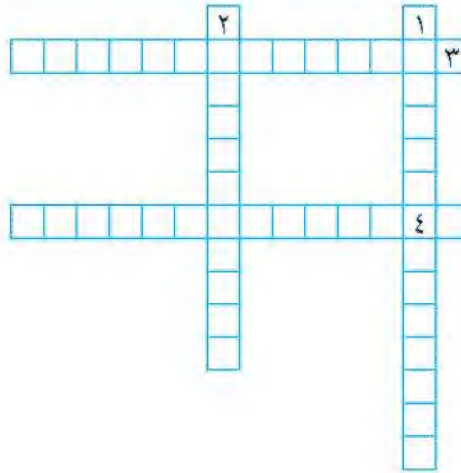
٩) راكب دراجة يتحرك في مسار دائري بسرعة مماسية مقدارها  $13.2 \text{ m/s}$  إذا كان نصف قطر المسار  $40 \text{ m}$  والقوة التي تحافظ على الدراجة في مسارها الدائري تساوي  $377 \text{ N}$ ، فاحسب كتلة الدراجة والراكب معًا.

١٠) سيارة سباق كتلتها  $905 \text{ kg}$  تتحرك في مسار دائري طوله  $3.25 \text{ km}$ ، احسب السرعة المماسية للسيارة إذا كانت القوة اللازمة للحفاظ على الحركة الدائرية للسيارة تساوي  $2140 \text{ N}$ .



١١) هل يظل الماء في الدلو عندما تقوم بتدويره في مسار رأسي كما في الشكل؟ فسر إجابتك.

١٢) أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:



أفقيًا:

(٣) العجلة التي يكتسبها الجسم في الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.

(٤) القوة التي تؤثر باستمرار في اتجاه عمودي على حركة الجسم، فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائري.

رأسيًا:

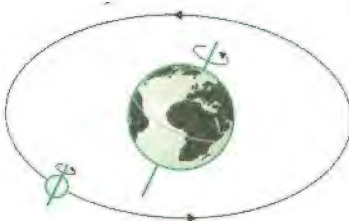
(١) حركة جسم في مسار دائري بسرعة ثابتة في المقدار ومتغيرة في الاتجاه.

(٢) الزمن الذي يقطع فيه الجسم محيط الدائرة.

## الفصل الثاني

# الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

## Universal Gravitation and Circular Motion



شكل (٢٢): حركة القمر حول الأرض

قد درس نيوتن طبيعة هذه الكتل على كرات الأجسام المتجاذبة كما تتوقف على المسافة الفاصلة، وذلك على النحو التالي:

«كل جسم مادي في الكون يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع البعد بين مركزيهما».

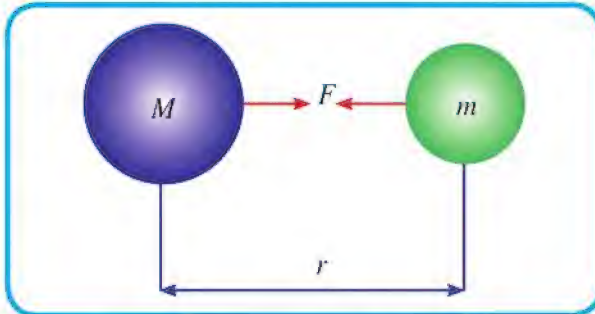
ويكتب القانون على الصورة:

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (1)$$

حيث ( $r$ ) هي البعد بين مركزي الجسمين و ( $G$ ) ثابت التناسب وهو ثابت كوني عام يعرف بثابت الجذب العام وقيمه تساوي:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \quad N.m^2 kg^{-2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \quad m^3.kg^{-1}.s^{-2}$$



والجدير بالذكر أن قوة الجذب هي قوة متبادلة بين الجسمين فكل منهما يجذب الآخر نحوه بنفس القوة، وبسبب عمومية هذا القانون فإنه يعرف بقانون الجذب العام.

### نواتج التعلم المتوقعة :

- في نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:
- تستنتج قانون الجذب العام.
- تفسر دوران القمر حول الأرض في مسار ثابت.
- تستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعي أثناء حركته حول الأرض.

### مصطلحات الفصل :

- الجذب العام Universal gravitation
- ثابت الجذب العام
- Gravitational constant
- مجال الجاذبية Gravitational field
- شدة مجال الجاذبية
- Intensity of the gravitational field
- القمر الصناعي Satellite
- السرعة الحرجة Critical velocity

### مصادر التعلم الإلكترونية :

- فيلم تعليمي: مقدمة عن قانون الجذب العام.
- <http://www.youtube.com/watch?v=Jk5E-CrE1zg>
- لعبة إلكترونية: فكرة القمر الصناعي.
- <https://sites.google.com/site/physicsflash/home/gravity>



## علماء أفادوا البشرية



شكل (٢٣): أبو الريحان البيروني

للعلماء العرب دور عظيم في تطوير علم الفلك والاستفادة منه، ومن أمثال علماء الفلك البيروني (أبو الريحان محمد) والذي نجح في قياس محيط الكرة الأرضية وآخرون، مثل علي بن عيسى الأسطرلابي وعلي بن يحيى.

## مثال محلولة

كرتان صغيرتان كتلة كل منهما (7.3 kg) موضوعتان على مسافة بين مركزيهما تساوي (0.5 m) احسب قوة الجاذبية المتبادلة بينهما واكتب التعليق المناسب.

الحل:

من قانون الجذب العام فإن قوة الجذب تساوي:

$$F = \frac{G M m}{r^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) (7.3)^2}{(0.5)^2}$$

$$F = 1.4 \times 10^{-8} N$$

في هذا المثال نلاحظ أن قوة الجذب المتبادلة بين الكرتين صغيرة جداً وتعادل وزن حبة رمل من رمال الشاطئ.

## معلومة إثرائية

نلاحظ أن قيمة ثابت الجذب العام صغيره جداً، لذلك لا تكون قوة الجاذبية بين الأجسام مؤثرة وكبيرة إلا عندما تكون الكتل كبيرة أو تكون المسافات الفاصلة بين الأجسام صغيرة، أو كلاهما معاً.

## Gravitational Field

## ٢- مجال الجاذبية

علمنا أن قوى الجاذبية تتناسب عكسياً مع مربع البعد بين مركزي الجسمين، لذلك فهي تتناقص بشدة حتى يصل البعد بينهما إلى مسافة يتلاشى عندها أثر الجذب لكل منهما على الآخر.

ويوجد داخل هذه المسافة قوى جذب؛ لذلك نعرف مجال الجاذبية بأنه: «الحيز الذي تظهر فيه قوى الجاذبية». شدة مجال الجاذبية الأرضية:

هي قوة جذب الأرض لكتلة تساوي (1 kg) ونرمز لها بالرمز "g" وتساوي عددياً عجلة الجاذبية الأرضية وتطبيق قانون الجذب العام نجد أن:

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (2)$$

حيث: (M) كتلة الأرض =  $5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$

$$r = R + h$$

(R) نصف قطر الكرة الأرضية ( $R = 6378 \text{ km}$ )

## تواصل



من خلال موقع الكتاب على الإنترنت تواصل مع زملائك ومعلميك ومؤلفي الكتاب.

( $h$ ) الارتفاع عن سطح الأرض

من خلال العلاقة (2) استنتج العوامل التي تتوقف عليها قيمة عجلة الجاذبية الأرضية.

### Satellites

### ٣- الأقمار الاصطناعية

كان حلم الإنسان استكشاف الفضاء من حوله، وظل يطور أجهزة الرصد ويطور الصواريخ التي تقذف بمركبة فضائية لتدور حول الأرض أو تنطلق إلى أبعاد أكبر لتصل مثلاً إلى كوكب آخر، مثل المريخ.

ولقد استيقظ العالم في 4 من أكتوبر 1957 م على مفاجأة النجاح في إرسال قمر صناعي (سبوتنيك) إلى الفضاء كأول تابع فضائي لكوكب الأرض، أعقب ذلك نجاح الإنسان في إرسال أقمار أخرى، بل ونجح في النزول على سطح القمر الطبيعي ولا يزال استكشاف الفضاء يتواصل بنجاح كبير.

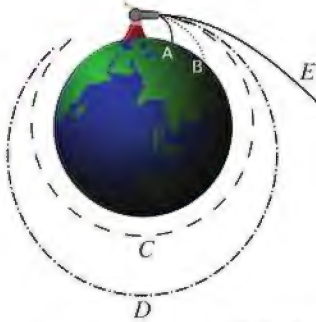


شكل (٢٥) : قمر صناعي يدور حول الأرض



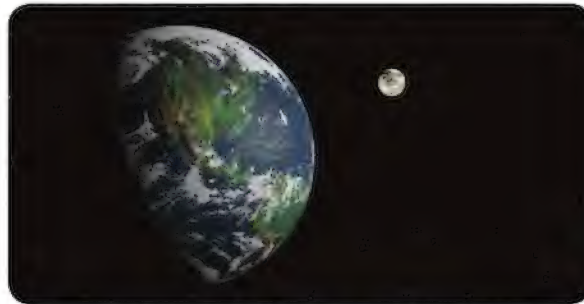
شكل (٢٤) : صاروخ ينطلق لوضع القمر الصناعي في مداره

### فكرة إطلاق القمر الصناعي:



شكل (٢٦) : عند إطلاق قذيفة في مستوى أفقي فإنها ستتخذ مساراً منحنياً

يعتبر (إسحاق نيوتن) أول من شرح الأساس العلمي لإطلاق الأقمار الصناعية، حيث تصور أنه عند إطلاق قذيفة مدفع في مستوى أفقي من قمة جبل فإنها ستسقط سقوطاً حراً، وتتخذ مساراً منحنياً نحو الأرض، وإذا زادت سرعة القذف فإنها ستصل إلى الأرض عند نقطة أبعد وتتبع مساراً أقل انحناء، وعند تساوي انحناء مسار القذيفة مع انحناء سطح الأرض، فإنها تدور في مسار ثابت، وتصبح تابعاً للأرض وتشبه في دورانها حول الأرض دوران القمر الطبيعي حولها؛ لذلك يطلق عليها اسم القمر الصناعي *satellite*.



شكل (٢٧) : يدور القمر حول الأرض في مسار ثابت

ماذا يحدث لو...؟



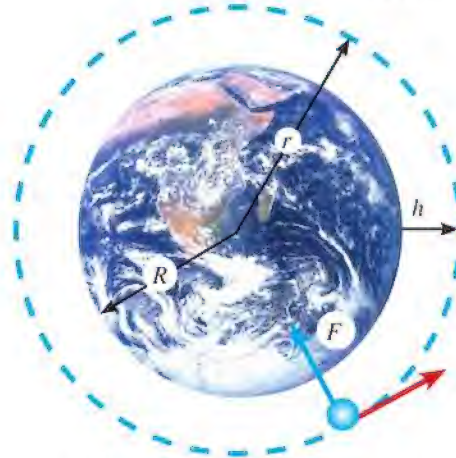
شكل (٢٨) : القمر الصناعي

❁ توقف القمر الصناعي وأصبحت سرعته صفرًا: يتحرك في خط مستقيم نحو الأرض ويسقط على سطحها.

❁ انعدمت قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعي: يتحرك القمر الصناعي في خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري مبتعدًا عن الأرض.

استنتاج السرعة المدارية للقمر الصناعي:

بفرض أن هناك قمرًا صناعيًا كتلته ( $m$ ) يتحرك بسرعة ثابتة ( $v$ ) في مدار دائري نصف قطره ( $r$ ) حول الأرض التي كتلتها ( $M$ ) كما هو مبين في الشكل:



شكل (٢٩) : مسار القمر الصناعي حول الأرض

ونلاحظ أن قوة التجاذب بين القمر والأرض تكون عمودية على مسار حركة القمر، وتعمل على حركته في مداره الدائري، أي أن قوة التجاذب بين القمر والأرض هي نفسها القوة الجاذبة المركزية:

$$F = m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2} \quad \text{أي أن:}$$

$$m \frac{v^2}{r} = G \times \frac{mM}{r^2}$$

ومن المعادلة السابقة يتضح أن سرعة القمر الصناعي في مداره:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}} \quad (2)$$

قيمة السرعة ( $v$ ) من المعادلة (2) تمثل السرعة اللازم إكسابها للقمر الصناعي حتى يدور حول الأرض.

وإذا كان الارتفاع الذي أطلق إليه في الفضاء ( $h$ ) فإن:  $r = R + h$  حيث  $R$  نصف قطر الأرض.



رامل تغير سرعة قمر صناعي أثناء حركته حول كوكب :



شكل (٣٠) : القمر الصناعي حول الأرض

من العلاقة (2) يتضح أن سرعة القمر الصناعي في مداره لا تعتمد على كتلته.

ولكنها تعتمد على العوامل الآتية:

- ← كتلة الكوكب الذي يدور حوله.
- ← ارتفاع القمر الصناعي عن مركز الكوكب الذي يدور حوله.

#### معلومة إثرائية

← كلما زادت كتلة القمر الصناعي المراد إرساله للفضاء احتجنا إلى صاروخ أكثر قدرة ليقدفه بعيداً في الفضاء ليكتسب السرعة اللازمة لدورانه حول الأرض.



#### أنشطة خارج حجرة الدراسة:

قم بزيادة لأحد المراصد الفلكية مثل مرصد حلوان (المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية) وذلك للتعرف على طبيعة العمل داخل المرصد، وجمع معلومات عن الأقمار الصناعية وكيفية إرسالها إلى الفضاء.

#### أمثلة محلولة



١ يدور القمر حول الأرض في مسار دائري نصف قطره  $(3.85 \times 10^5 \text{ km})$  ويكمل دورة كاملة خلال (27.3 يوم)، احسب كتلة الأرض (ثابت الجذب العام  $= 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ )

الحل:

$$T = 27.3 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.36 \times 10^6 \text{ s} \quad \text{حساب الزمن الدوري:}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{2.36 \times 10^6} = 1025 \text{ m/s} \quad \text{حساب سرعة القمر:}$$

حساب كتلة الأرض:

$$v^2 = G \frac{M}{r}$$

إذا:

$$M = \frac{v^2 \times r}{G} = \frac{(1025)^2 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{6.67 \times 10^{-11}} = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$



٢ قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار شبه دائري على ارتفاع 940 km من سطح الأرض احسب : السرعة المدارية ، الزمن اللازم لكي يصنع دورة كاملة حول الأرض علمًا بأن:

$$(R = 6360 \text{ km}, M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}, G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2)$$

الحل:

حساب نصف قطر دوران القمر حول الأرض:

$$r = R + h = 6360 + 940 = 7300 \text{ km} = 7.3 \times 10^6 \text{ m}$$

حساب السرعة المدارية:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

$$v = \sqrt{6.67 \times 10^{-11} \frac{6 \times 10^{24}}{7.3 \times 10^6}}$$

$$v = 7.4 \times 10^3 \text{ m/s}$$

حساب الزمن الدوري:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 7.3 \times 10^6}{7.4 \times 10^3} = 6195 \text{ s}$$

٣ قمر صناعي يتم دورته حول الأرض في (94.4 min) وطول مساره = 43120 km ، احسب : السرعة المدارية ، ارتفاع القمر عن سطح الأرض علمًا بأن:

$$(R = 6360 \text{ km})$$

الحل:

حساب سرعة القمر المدارية:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{43120 \times 10^3}{94.4 \times 60} = 6713 \text{ m/s}$$

حساب ارتفاع القمر عن الأرض:

$$2\pi r = 43120 \times 10^3$$

$$r = \frac{43120 \times 10^3}{2 \times \pi} = 6.86 \times 10^6 \text{ m} = 6860 \text{ km}$$

$$r = R + h$$

$$h = r - R = 6860 - 6360 = 500 \text{ km}$$

## Importance of satellites

## ٤- أهمية الأقمار الصناعية:

أحدث استخدام الأقمار الصناعية ثورة حقيقية في مجالات عديدة، حيث اعتبر القمر الصناعي بمثابة برج شاهق الارتفاع يمكن استخدامه في إرسال واستقبال الموجات اللاسلكية، وهناك العديد من أنواع الأقمار الصناعية، والتي منها:



شكل (٣١) : للأقمار الصناعية العديد من الفوائد مجالات مختلفة

- ➡ **أقمار الاتصالات:** تسمح بالنقل التلفزيوني والإذاعي، والهاتفى من وإلى أى مكان على سطح الأرض.
  - ➡ **الأقمار الفلكية:** عبارة عن تليسكوبات كبيرة الحجم تسبح فى الفضاء، وتستطيع تصوير الفضاء بدقة.
  - ➡ **أقمار الاستشعار عن بعد:** تستخدم فى دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة، وتحديد المصادر المعدنية وتوزعها، ومراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس ودراسة تشكل الأعاصير ...
  - ➡ **أقمار الاستطلاع والتجسس:** هى أقمار صناعية مهمتها توفير المعلومات التى تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب.
- ويمكن معرفة أنواع وأهمية الأقمار الصناعية من خلال الروابط التالية:





# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الثاني

### الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

#### أولاً - التجارب العملية

قياس كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها:

فكرة التجربة:

سبق أن تعلمت في الباب الثاني أنه عندما يسقط جسم من ارتفاع  $(d)$  خلال زمن قدره  $(t)$ ، فإنه يمكن حساب عجلة الجاذبية الأرضية من العلاقة:

$$d = \frac{1}{2} gt^2$$

أى أن:

$$g = \frac{2d}{t^2}$$

ويطلق على المقدار  $(g)$  أيضاً مصطلح شدة مجال الجاذبية والذي يحسب من العلاقة:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

حيث إن  $(G)$  هو ثابت الجذب العام، و  $(M)$  كتلة الأرض، و  $(r)$  هي البعد عن مركز الأرض وهو في هذه التجربة يساوى تقريباً نصف قطر الأرض  $(R)$ .

وبناء على ما سبق فإنه يمكن تعيين كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها، ويتم ذلك باتباع خطوات هذه التجربة.

#### خطوات العمل:

١ علق عدد 3 بندول كما هو مبين بالشكل كل بخيط، بحيث تكون المسافة بين مركز كرة البندول والأرض متساوية لكل منها وقيمتها كبيرة، ولتكن بالقياس تساوى  $(d)$  (سجل هذه القيمة).

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادراً على أن:

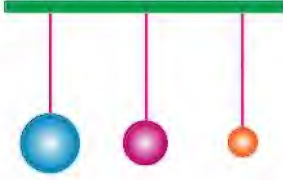
- تحسب شدة مجال الجاذبية.
- تحسب كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

- الملاحظة - الوصف - الاستنتاج.

#### المواد والأدوات :

- عدد 3 بندول بكتل مختلفة - شريط مترى - ساعة إيقاف - مقص.



٢ قص الخيط عند نقطة التعليق للبندول الأول وفي نفس لحظة سقوط الكرة يسجل زميلك الزمن ( $t$ ) حتى الوصول للأرض.

٣ كرر العمل بالنسبة للبندول الثاني والثالث.

النتائج:

دون النتائج التي تحصل عليها في الجدول التالي:

الكرة	الارتفاع $d(m)$	الزمن ( $t$ )	شدة مجال الجاذبية $g = 2 d/t^2$
الكرة الأولى			
الكرة الثانية			
الكرة الثالثة			

من خلال النتائج: هل تعتمد شدة مجال الجاذبية على كتلة الكرة؟ ولماذا؟

تحليل النتائج:

بمعلومية شدة مجال الجاذبية التي سبق حسابها ونصف قطر الأرض ( $R = 6.38 \times 10^6 m$ ) وثابت الجذب العام ( $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2 kg^{-2}$ )، احسب كتلة الأرض باستخدام العلاقة:  $g = GM/R^2$

## ثانيا - الأنشطة التكوينية



١ استخدم موقع *wikimapia* في إيجاد صور بالقمر الصناعي لمدرستك أو منزلك.

٢ اكتب بحثاً عن أهمية الأقمار الصناعية في مجالات الأرصاد الجوية، ومجال الاتصالات، والزراعة، والدفاع العسكري...

٣ نعرف أن الكرة الأرضية ليست كروية تماماً، وإنما مفلطحة عند خط الاستواء، وهذا ناتج عن تأثير القوة المركزية بسبب دوران الأرض حول نفسها، ولتفسير ذلك صمم نموذجاً كالموضح بالصورة، والذي يتكون من سلك معدني وحلقة مصنوعة من صورة أشعة، حيث تثقب الحلقة ثقبين ليمر خلالها السلك، وعند تدوير السلك تتفلطح الحلقة الدائرية.





## ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

١) تخير الإجابة الصحيحة مما يلي:

أ) عجلة الجاذبية الأرضية:

➡ ثابت كوني عام.

➡ متغيرة حسب الارتفاع عن سطح الأرض.

➡ تختلف باختلاف فصول السنة.

➡ متغيرة حسب بعد الأرض عن الشمس.

ب) السرعة اللازمة ليدور القمر الصناعي حول الأرض:

➡ تعتمد على كتلته فقط.

➡ تعتمد على كتلة الأرض فقط.

➡ تعتمد على كتلة الأرض والبعد بينهما.

➡ مقدار ثابت.

ج) السرعة اللازمة لدوران الأرض حول الشمس تعتمد على:

➡ كتلة الأرض فقط.

➡ كتلة الشمس فقط.

➡ كتلة الشمس والأرض والبعد بينهما.

➡ كتلة الشمس والبعد بينهما.

٢) أى نقطة من سطح الأرض يكون لها أكبر سرعة خطية بالنسبة لمحور دوران الأرض؟ هل النقطة عند خط الاستواء أم تلك التى تقع عند مدارى الجدى والسرطان؟

٣) إذا كانت كتلة كوكب عطارد ( $3.3 \times 10^{23} \text{ kg}$ ) ونصف قطره ( $2.439 \times 10^6 \text{ m}$ ) ، فكم يكون وزن جسم كتلته ( $65 \text{ kg}$ ) على سطحه وكم يكون وزن نفس الجسم على سطح الكرة الأرضية؟

علماً بأن ثابت الجذب العام  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 . \text{kg}^{-2}$





٤) قمر صناعي يدور في مسار على ارتفاع  $(h = 300 \text{ km})$  من سطح الأرض أوجد:

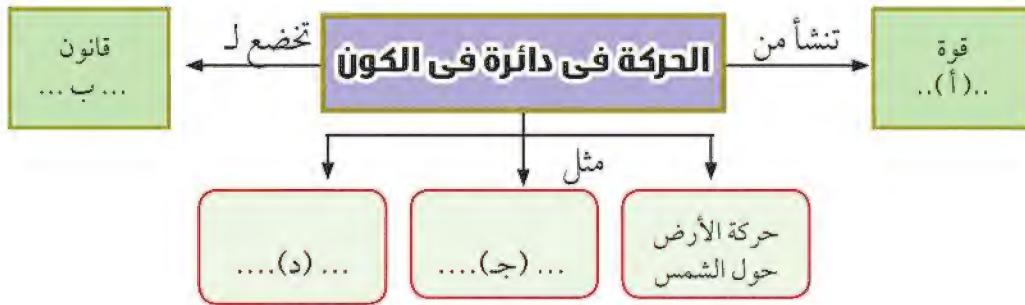
- سرعته في مداره.
- زمن دورة القمر الصناعي حول الأرض.
- قيمة العجلة المركزية الجاذبة له أثناء حركته.

علمًا بأن:

نصف قطر الأرض  $R = 6378 \text{ km}$

عجلة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

٥) أكمل المخطط التالي:



٦) أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:

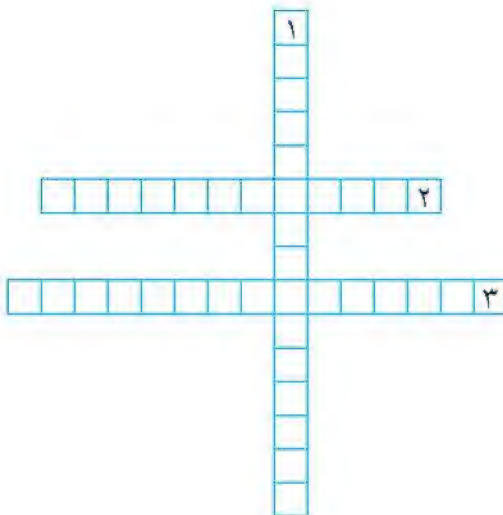
أفقيًا:

(٢) الحيز الذي تظهر فيه قوى الجاذبية.

(٣) كل جسم مادي يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع كتلة كل منهما وعكسيًا مع مربع البعد بينهما.

رأسيًا:

(١) قوة جذب الأرض لجسم كتلته واحد كيلو جرام.





## تدريبات عامة على الباب الثالث

١ ضع علامة (✓) أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

- ١ تنتج قوة الجذب المركزية المؤثرة على سيارة تسير في منحني عن:
- أ قوة الجاذبية الأرضية.
- ب قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والطريق.
- ج عزم القصور الذاتي المؤثر على قائد السيارة.
- د قوة الفرامل.
- ٢ إذا زيد نصف قطر مدار جسيم يسير في مدار دائري إلى أربع أمثاله، فإن القوة المركزية اللازمة لإبقاء سرعة الجسيم ثابتة:
- أ تقل إلى نصف ما كانت عليه.
- ب تبقى ثابتة المقدار.
- ج تزيد إلى مثلي ما كانت عليه.
- د تقل إلى ربع ما كانت عليه.
- ٣ تابعان صناعيان (B)، (A) يدوران حول الأرض، فإذا كان نصف قطر مدار التابع (A) يساوي أربعة أمثال نصف قطر التابع (B). فإن النسبة بين سرعة التابع (A) إلى سرعة التابع (B) تساوي:
- أ (2 : 1)
- ب (4 : 1)
- ج (1 : 2)
- د (1 : 4)
- ٤ إذا كانت المسافة بين مركزي كرتين متماثلتين 1m، وكانت قوة التجاذب بينهما تساوي 1N، فإن كتلة كل منهما تساوي:
- أ 1kg
- ب  $1.22 \times 10^5$  kg
- ج  $2 \times 10^5$  kg
- د 0.1 kg
- ٥ إذا تضاعفت المسافة بين مركزي جسمين وبقيت كتلتاهما ثابتتين فإن قوة التجاذب بينهما:
- أ تتضاعف.
- ب تصبح نصف قيمتها الأصلية.
- ج تصبح ربع قيمتها الأصلية.
- د تصبح أربعة أضعاف قيمتها.

٢ القوة المركزية الجاذبة في لعبة أطفال على شكل طائرة مروحية عمودية كتلتها (100 g) تتحرك في مسار دائري نصف قطره (1 m) وتدور بمعدل (100) دورة خلال (20 s).

احسب:

- ١ السرعة الخطية المماسية.
- ٢ العجلة المركزية الجاذبة.
- ٣ القوة الجاذبة المركزية.

٢ علل لما يأتي:

- ١ رغم أن الجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة يتأثر بعجلة إلا أن سرعته الخطية ثابتة القيمة.
- ٢ خطورة التحرك بسرعات كبيرة في منحنيات الطرق.
- ٣ اكتب المصطلح العلمى الذى تدل عليه كل من العبارات الآتية:
- ١ حركة جسم على محيط دائرة بسرعة خطية ثابتة المقدار متغيرة الاتجاه. ( )
- ٢ الزمن الذى يستغرقه الجسم ليم دورة كاملة. ( )
- ٣ قوة فى اتجاه المركز دائما وعمودية على متجه السرعة الخطية أثناء حركة جسم فى مسار دائري. ( )

٥ تخير من العمود (أ) رقم العبارة التى تتناسب مع كل عبارة من المجموعة (ب) وضعه أمامها:

الرقم	(أ)	(ب)
١	الزمن الدورى	$N.m^2kg^{-2}$
٢	القوة الجاذبة المركزية	$m/s$
٣	ثابت الجذب العام	$m/s^2$
٤	السرعة الخطية	$s$
٥	العجلة الجاذبة المركزية	$kg.m/s^2$

٦ على أى ارتفاع من سطح الأرض يجب أن يدور قمر صناعى، بحيث يكون زمن دورانه حول الأرض مساوياً لزمن دوران الأرض حول محورها بافتراض أن يوم الأرض = 24h ، علما بأن ثابت الجذب العام  $(G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2kg^{-2})$  ، كتلة الأرض  $(M_E = 5.98 \times 10^{24}kg)$  ، نصف قطر الأرض  $(R = 6378km)$



## ملخص الباب

## المفاهيم الرئيسية

- ✧ **الحركة الدائرية المنتظمة:** هي حركة جسم في مسار دائري بسرعة ثابتة في المقدار، ومتغيرة في الاتجاه.
- ✧ **القوة الجاذبة المركزية:** هي تلك القوة التي تؤثر باستمرار في اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائري .
- ✧ **العجلة المركزية:** هي العجلة التي يكتسبها الجسم في الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.
- ✧ **زمن الدورة:** هي الفترة الزمنية التي يتم خلالها الجسم دورة كاملة.
- ✧ **شدة مجال الجاذبية عند نقطة:** هي قوة الجذب المؤثرة على جسم كتلته  $1kg$  عند تلك النقطة، وتساوي عددًا عجلة الجاذبية عند تلك النقطة.

## العلاقة والقوانين الرئيسية:

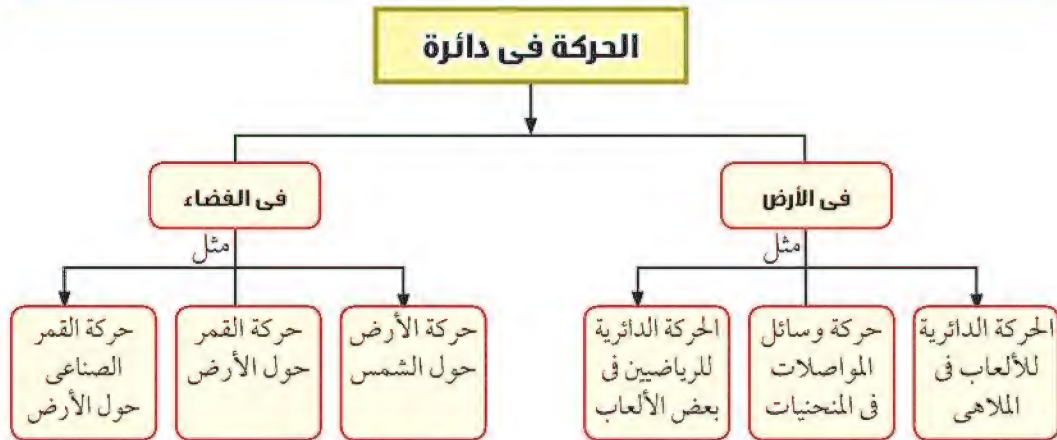
$$a = \frac{v^2}{r} \quad \text{حساب العجلة الجاذبة المركزية:}$$

$$F = m \frac{v^2}{r} \quad \text{حساب القوة الجاذبة المركزية:}$$

$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad \text{حساب قوة التجاذب المادي:}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad \text{حساب سرعة القمر الصناعي:}$$

## خريطة الباب



## الباب الرابع

### الشغل والطاقة في حياتنا اليومية

### Work and Energy in our Daily life



#### فصول الباب

الفصل الأول : الشغل والطاقة

الفصل الثاني : قانون بقاء الطاقة



## مقدمة الباب

توجد الطاقة في الطبيعة في عدة صور مختلفة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الميكانيكية وغيرها ... وهذا الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى. فما المقصود بالطاقة؟ وما علاقتها بالشغل المبذول؟

### أهداف الباب

في نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تفسر المعنى العلمى للشغل.
- تستنتج أن الشغل كمية غير متجهة.
- تستنتج وحدات الطاقة.
- تستنتج العلاقة الرياضية لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.
- تقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تطبق تغيرات طاقة الوضع والحركة عند قذف جسم لأعلى، وتعتبر ذلك مثالاً لقانون بقاء الطاقة.
- تطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة في الحياة العملية.

### الجوانب الوجدانية المتضمنة

- اكتساب اتجاهات إيجابية نحو ترشيد استهلاك الطاقة.
- اكتساب اتجاهات إيجابية نحو البيئة.
- تنمية الميل نحو دراسة الفيزياء.

### عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- التعميم.
- التطبيق.
- مهارة عرض البيانات.





## الفصل الأول

# الشغل والطاقة

## Work and Energy

### Work

### ١- الشغل :

نستخدم كلمة الشغل في حياتنا اليومية، ويراد بها العمل الذي استحوذ على اهتمام المرء فانشغل به عما سواه، فربما كان هذا العمل ذهنيًا كحل الواجبات المدرسية، أو عضليًا كزيارة مريض، وربما أطلقت كلمة شغل على مجرد العمل.

ويستخدم علماء الفيزياء كلمة الشغل للدلالة على معنى خاص مختلف عن معناها المستخدم في الحياة اليومية.

فلكى تبذل شغلًا ما على جسم فلا بد وأن يتحرك الجسم إزاحة ما كنتيجة لقوتك، وإذا لم يتحرك الجسم فإنك لم تبذل شغلًا مهما كان مقدار القوة التي بذلتها.

أى هناك شرطان لحدوث الشغل، وهما:

١ أن تؤثر قوة معينة على الجسم.

٢ أن يتحرك الجسم إزاحة معينة فى نفس اتجاه القوة.

وتوضح الأشكال التالية عدة أمثلة للشغل:



شكل (٢): اللاعب يبذل شغلًا لرفع الأثقال



شكل (١): السائق يبذل شغلًا على السيارة المعطلة

### نوائج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- ✦ تفسر المعنى العلمى للشغل.
- ✦ تستنتج أن الشغل كمية غير متجهة.
- ✦ تستنتج وحدات الطاقة.
- ✦ تقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- ✦ تستنتج العلاقة الرياضية لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- ✦ تستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.

### مصطلحات الفصل :

الشغل	Work
الطاقة	Energy
طاقة الحركة	Kinetic Energy
طاقة الوضع	Potential Energy

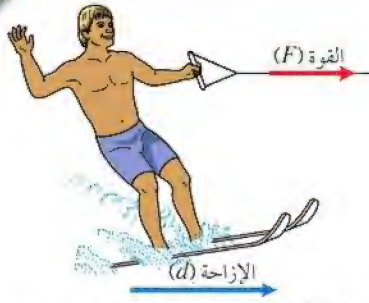
### مصادر التعلم الإلكترونية :

✦ فيلم تعليمى: الشغل والقوة والإزاحة.

[http://www.youtube.com/watch?v=miTeJjZ8\\_Kk](http://www.youtube.com/watch?v=miTeJjZ8_Kk)

✦ عروض عملية: المقصود بطاقة الوضع.

<http://www.youtube.com/watch?v=iLXDirj4JUA>



شكل (٣): يُحسب الشغل المبذول على الرياضي بضرب الإزاحة  $(d)$  في القوة المؤثرة  $(F)$  نفس الاتجاه الحركة.

ويمكن حساب الشغل المبذول  $(W)$  بواسطة قوة ما  $(F)$  على جسم لتحركه إزاحة  $(d)$ .  
كما يوضحه الرابط التالي



**المحول:** هو الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن واحد لتحريك جسمًا إزاحة مقدارها متر واحد في اتجاه القوة.

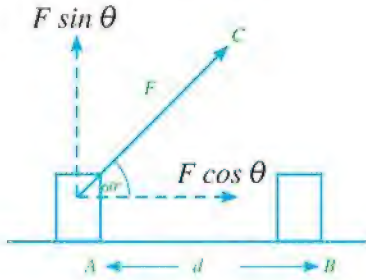


شكل (٥): جيمس جول

#### علماء أفادوا البشرية

جيمس جول (1818 - 1889 م): هو عالم إنجليزي كان من أوائل من أدركوا أن الشغل يولد حرارة، ففي أحد تجاربه وجد أن درجة حرارة الماء في أسفل الشلال أكبر منها في أعلى الشلال مما يثبت أن بعضًا من طاقة المياه الساقطة تتحول إلى حرارة.

وإذا كان اتجاه القوة  $(F)$  يميل بزاوية  $(\theta)$  على اتجاه الإزاحة  $(d)$  كما بالشكل (٦) فإن الشغل المبذول يمكن كتابته على الصورة:



$$W = (F \cos \theta) (d)$$

$$W = F d \cos \theta$$



شكل (٦): يتعين الشغل المبذول من العلاقة  $W = F d \cos \theta$

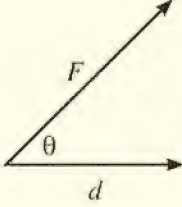



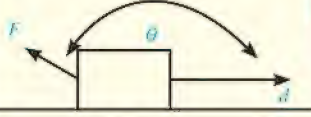



## ركن التفكير:

تخيل أن لديك حائطاً، أثرت عليه بقوة مقدارها  $(100\text{ N})$  ، هل تبذل شغلاً فيزيائياً؟ لماذا؟



من المعادلة السابقة يتضح أن الشغل قد يكون موجباً أو سالباً أو صفراً، كما هو موضح بالجدول التالي:

الزاوية $\theta$	الشغل	أمثلة
$0 \leq \theta < 90^\circ$	موجب الشخص هو الذي يبذل الشغل	سحب جسم  
$\theta = 90^\circ$	صفر	حمل جسم والحركة به  
$180^\circ \geq \theta > 90^\circ$	سالب الجسم هو الذي يبذل الشغل على الشخص	شخص يحاول جذب جسم، وهو يتحرك عكس اتجاه القوة.  





## مثال محلول



عربة حديقة كتلتها (20 kg) تتحرك تحت تأثير قوة شد مقدارها (50 N)، تصنع زاوية مقدارها (60°) كما بالشكل الموضح. فإذا تحركت العربة إزاحة مقدارها (4 m). احسب الشغل المبذول بواسطة القوة (مع إهمال قوة الاحتكاك).

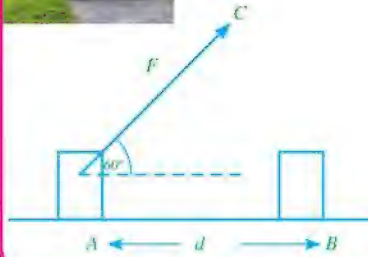
الحل:

$$F = 50N$$

$$d = 4m$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$W = Fd \cos \theta = (50) (4) (\cos 60) = 100 J$$



## مثال محلول



احسب الشغل الذى تبذله طفلة تحمل دلوًا كتلته (300 g) وتتحرك به إزاحة مقدارها (10 m) فى الاتجاه الأفقى، ثم احسب الشغل الذى يبذله طفل لرفع دلو له نفس الكتلة إزاحة مقدارها (10 cm) فى الاتجاه الرأسى ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

الحل:

الشغل الذى تبذله الطفلة:

بما أن القوة تكون عمودية على الإزاحة فإن الشغل يساوى صفرًا.

الشغل الذى يبذله الطفل:

$$F = mg = \frac{300}{1000} \times 10 = 3N$$

حساب القوة

$$W = F \cdot d \cos \theta$$

حساب الشغل

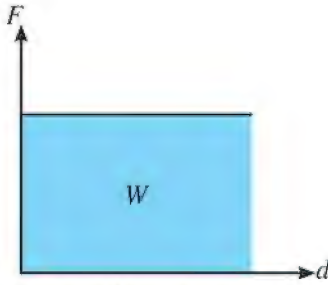
وحيث إن القوة والإزاحة فى نفس الاتجاه فإن الزاوية ( $\theta$ ) تساوى صفرًا.

$$W = 3 \times \frac{10}{100} \cos \theta = 0.3 J$$

القوة العمودية على الإزاحة لا تبذل شغلا

## إدارة الوقت:

- ◆ اعمل على تعديل خطة عملك، بحيث لا تهمل أى نشاط أو واجب من الواجبات المهمة.
- ◆ جهز ونظم مستلزمات الاستذكار، ونظم بيئة العمل وأدواته بحيث لا تضيع وقتك وأنت تبحث عنها.



شكل (٧): الشغل يساوي المساحة أسفل الخط المستقيم.

ويمكن حساب الشغل بيانياً باستخدام منحنى (القوة - الإزاحة) المبين في الرسم المقابل، حيث يعبر الخط المستقيم عن قوة ثابتة في المقدار والاتجاه ( $F$ ) تؤثر على جسم، فتسبب له إزاحة ( $d$ ) في نفس اتجاه القوة المؤثرة، وبالرجوع إلى تعريف الشغل وعندما تكون ( $\theta = 0$ ) فإن:

الشغل = القوة  $\times$  الإزاحة = الطول  $\times$  العرض = المساحة تحت منحنى (القوة - الإزاحة)

إذا: الشغل بيانياً = المساحة تحت منحنى (القوة - الإزاحة).

## Energy

## ٢- الطاقة

إذا كان الجسم قادراً على بذل الشغل فإن هذا الجسم يمتلك طاقة، وبمعنى أبسط فإن طاقة الجسم هي قدرته على بذل الشغل؛ لذلك فوحدات الطاقة هي وحدات الشغل، وهي الجول. وسنتناول فيما يلي بالتفصيل صورتين من أهم صور الطاقة، وهما: طاقة الحركة، وطاقة الوضع.

### (أ) طاقة الحركة (K.E)

عندما تُبذل قوة على جسم ما ثم يبدأ هذا الجسم في التحرك، نستطيع القول: أن لدى هذا الجسم طاقة تسمى بطاقة الحركة ( $K.E$ ).



شكل (٨): أمثلة على طاقة الحركة.

بفرض أن لديك سيارة تتحرك من سكون في خط مستقيم بعجلة منتظمة مقدارها ( $a$ ) فإن:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad$$

حيث  $v_i$  هي السرعة الابتدائية = صفراً.

$v_f$  هي السرعة النهائية.



شكل (٩): أي جسم متحرك يمتلك طاقة حركة.

$$v_f^2 = 2ad \quad d = \frac{v_f^2}{2a}$$



وبضرب طرفي المعادلة السابقة في  $(F)$ ، وهي القوة المؤثرة على السيارة أثناء حركتها فإن:

$$Fd = \frac{1}{2} \frac{F}{a} v_f^2$$

ومن قانون نيوتن الثاني:

$$m = \frac{F}{a}$$

ومن العلاقتين السابقتين:

$$Fd = \frac{1}{2} mv_f^2$$

حيث يمثل المقدار  $(Fd)$  في المعادلة السابقة الشغل المبذول (الطاقة اللازمة لتحريك السيارة)، ويمثل الطرف الأيمن  $(\frac{1}{2} mv_f^2)$  صورة الطاقة التي تحول إليها الشغل المبذول، والتي تعرف باسم طاقة الحركة  $(K.E)$ .

وبصورة عامة يمكن حساب طاقة حركة جسم سرعته  $(v)$  من العلاقة:

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

ركن التفكير:

هل طاقة الحركة كمية فيزيائية متجهة أم قياسية؟ لماذا؟

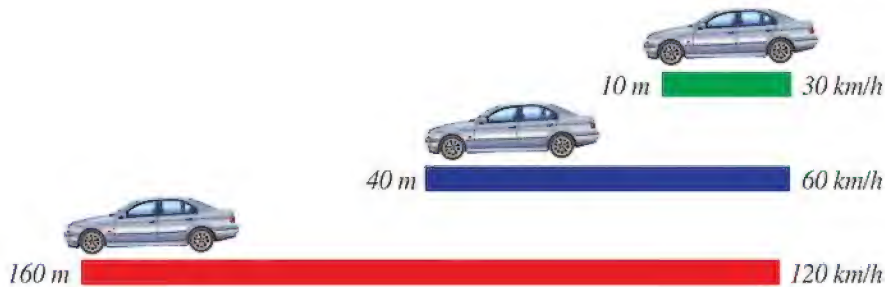
\* ومن العلاقة السابقة يتضح أن طاقة الحركة تتناسب طردياً مع كتلة الجسم ومع مربع سرعته.

\* وحدة قياس طاقة الحركة هي الجول، ومعادلة الأبعاد هي

$$ML^2T^{-2}$$

### تطبيقات حياتية

♦ يتضح من العلاقة  $Fd = \frac{1}{2} mv^2 = K.E$  أن الشغل المبذول يتناسب طردياً مع مربع السرعة التي يتحرك بها الجسم. فإذا كانت هناك سيارة تتحرك بسرعة  $(60 \text{ km/h})$ ، ويراد إيقافها عن الحركة بواسطة الضغط على دواسة الفرامل، فنجد أنها سوف تنزل مسافة قبل التوقف تساوي أربعة أضعاف تلك التي لو كانت تتحرك بسرعة  $(30 \text{ km/h})$ .







## مثال محلول

أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها (2000kg) تسير بسرعة (72 km/h).

**الحل:**

$$v = \frac{1000 \times 72}{60 \times 60} = 20 \text{ m/s}$$

حساب السرعة بوحد (m/s)

$$\therefore K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

حساب طاقة الحركة:

$$= \frac{1}{2} (2000) (20)^2 = 400000 \text{ J}$$

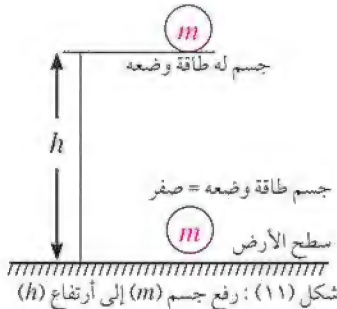
## (ب) طاقة الوضع (P.E)

تستطيع الأجسام أن تخزن طاقة بداخلها نتيجة لمواضعها الجديدة، وهذه الطاقة تسمى طاقة الوضع (P.E) وعلى سبيل المثال، انكماش أو استطالة زنبرك يجعل جزيئاته تكتسب وضعاً جديداً، وبالتالي تخزن طاقة وضع (وتسمى طاقة وضع مرنة) ومن ثم يبذل الزنبرك شغلاً حتى يتخلص من هذه الطاقة لكي يعود إلى وضعه المستقر. ومثال آخر عند رفع جسم ما إلى أعلى عن سطح الأرض فإنه يكتسب طاقة وضع (وتسمى طاقة وضع ثقالية)، وهذه الطاقة مرتبطة بوضع الأشياء بالنسبة لسطح الأرض (أي بالنسبة لمجال الجاذبية). يوضح الشكل (١٠) بعض الأمثلة لطاقة وضع مخزنة.



لماذا يتحرك الزنبرك المضغوط عند إزالة القوة المؤثرة عليه؟  
لماذا يتحرك الخيط المطاطي المشدود عند إزالة القوة المؤثرة عليه؟  
لماذا تنهار الصخور المتراكمة وتتحرك لأسفل؟  
لماذا تتحرك الإلكترونات عند توصيل البطارية بدائرة مغلقة؟

شكل (١٠): أمثلة على طاقة الوضع



شكل (١١): رفع جسم (m) إلى ارتفاع (h)

إذا رفع جسم كتلته (m) ما إلى ارتفاع (h) عن سطح الأرض، فإن هذا الجسم يكتسب طاقة وضع (P.E) نتيجة لموضعه الجديد، وبالتالي فهو يستطيع أن يبذل شغلاً إذا سُمح له بالسقوط، ومن ثم فإن طاقة وضع الجسم في موقعه الجديد حددت قدرته على بذل شغل؛ أي أن الشغل المبذول على الجسم لرفعه إلى نقطة ما = طاقة الوضع له عند هذه النقطة.

$$P.E = W = F.h$$

وحيث إن أقل قوة (F) لازمة لرفع الجسم لأعلى تساوي وزنه (mg) فإن:

$$P.E = F.h = (mg) (h) = mgh$$

ووحدة قياس طاقة الوضع هي الجول، ومعادلة الأبعاد هي  $ML^2T^{-2}$



## فكر وأجب:

احسب الشغل المبذول لرفع جسم كتلته (50 kg) ارتفاع قدره (2.2m) عن سطح الأرض.

## تطبيقات حياتية

♦ لرفع صندوق لوضعه في سيارة يلزم بذل شغل. ففي الشكل (١٢) نحتاج إلى قوة مقدارها (450N) لرفع الصندوق ارتفاع مقداره (1m) رأسياً، ويمكن أن نرفع نفس الصندوق بقوة أقل تكافئ (150N) باستخدام مستوى مائل لكن سيحتاج إلى إزاحة أكبر (3m).



شكل (١٣): باستخدام المستوى المائل يتطلب رفع الصندوق قوة أقل من وزنه، لكن هذه القوة لا بد وأن تؤثر لإزاحة أكبر.

$$W = 150N \times 3m = 450J$$



شكل (١٢): رفع الصندوق رأسياً لأعلى يتطلب قوة تكافئ وزن الصندوق، ويكون الشغل المبذول.

$$W = 450N \times 1m = 450J$$

المقارنة بين طاقة الحركة وطاقة الوضع لجسم ما:

طاقة الوضع	طاقة الحركة	وجه المقارنة
هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته.	هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.	التعريف
$P.E = m g h$	$K.E = \frac{1}{2} m v^2$	العلاقة الرياضية
تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) الارتفاع عن سطح الأرض (h)	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) سرعة الجسم (v)	العوامل المؤثرة
الجول	الجول	وحدة القياس
$ML^2 T^{-2}$	$ML^2 T^{-2}$	معادلة الأبعاد



### الفيزياء في خدمة البيئة

معظم الطاقات التي يستخدمها الإنسان تأتي من مصادر الطاقة غير المتجددة مثل: الفحم الحجري، والبترو، وتعتبر مصادر الطاقة غير المتجددة من مصادر الطاقة غير النظيفة، والتي ينتج عن استخدامها كثير من المواد الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان؛ لذا فهناك اتجاه عالمي - خاصة لدى الدول الصناعية الكبرى - نحو استخدام المصادر الطبيعية للحصول على الطاقة والحفاظ على البيئة في نفس الوقت، وعلى سبيل المثال استخدام طاقة الرياح ومساقط المياه في توليد الكهرباء، وتحويلها إلى العديد من صور الطاقات اللازمة للحياة العملية للإنسان.



#### شاهد فيلم على موقع الكتاب

مصادر الطاقة المختلفة، وتأثيراتها  
البيئية



# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الأول

### الشغل والطاقة

#### أولاً - التجارب العملية

##### (١) طاقة حركة جسم متحرك:

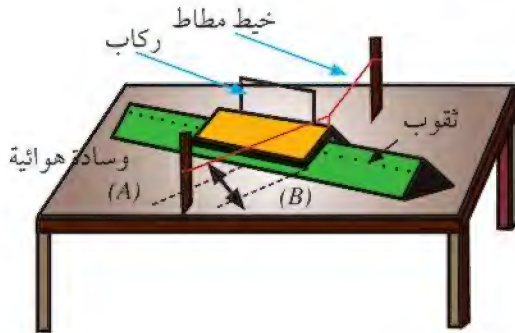
###### فكرة التجربة:

طاقة الحركة هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لحركته، وتحسب من العلاقة:

$$K.E. = \frac{1}{2} mv^2$$

ومن العلاقة السابقة تستنتج أن مربع سرعة الجسم يتناسب عكسيًا مع كتلته، وذلك عند ثبات طاقة الحركة، وهذا ما سنحاول إثباته عمليًا.

##### خطوات العمل:



١ أزع الركاب من النقطة (A) إلى النقطة (B) كما بالرسم، ثم اتركه يندفع عائداً إلى موضعه الأصلي.

٢ قس الزمن الذي يستغرقه الركاب أثناء حركته على الوسادة الهوائية باستخدام الساعة الكهربية المتصلة بالخلية الكهروضوئية.

#### الأمان والسلامة :



#### لوائح التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

تعيين طاقة حركة الجسم متحرك.

تستنتج العلاقة بين الكتلة والسرعة لجسم طاقة حركته ثابتة.

#### المهارات المرجو اختسابها :

تسجيل البيانات - التفسير - الاستنتاج.

#### المواد والأدوات :

ركاب كتلته  $m$  يتحرك على وسادة

هوائية - خط مرن - خلية كهروضوئية

- ساعة كهربية..

٢ عين سرعة الركاب ( $v$ ) بقسمة المسافة التي تحركها على الزمن (بالثانية) ثم عيّن كتلة الركاب ( $m$ ) بالكيلو جرام.

٤ كرّر الخطوات 2، 3 عدة مرات مع تغيير كتلة الركاب ( $m$ ) وتعيين السرعة التي يتحرك بها في كل مرة (مع ملاحظة تثبيت المسافة ( $AB$ ) التي يتحركها في كل مرة)، ثم سجل النتائج في الجدول التالي:

## النتائج:

كتلة الركاب ( $m$ (kg)	الزمن ( $t$ (s)	السرعة ( $v$ (m/s)	$\frac{I}{m}$	$v^2$

باستخدام الجدول السابق ارسم علاقة بيانية بين مربع السرعة ( $v^2$ ) على محور الصادات ومقلوب كتلة الركاب ( $\frac{I}{m}$ ) على محور السينات.

## تحليل النتائج:

باستخدام الرسم البياني السابق أجب عن الأسئلة الآتية:

- ١ ما ميل الخط المستقيم الذي حصلت عليه؟
- ٢ ما طاقة حركة الركاب ( $K.E$ ) من الرسم البياني؟
- ٣ ما نوع العلاقة بين كتلة الركاب ( $m$ ) ومربع سرعته ( $v^2$ )؟ (طردية أم عكسية).....
- ٤ ما وحدة قياس طاقة حركة الركاب؟.....

## ثانيا - الأنشطة التكوينية

- ١ اجمع صوراً لعدة أنشطة حياتية مختلفة تبين بذل شغل.
- ٢ حمل مجموعة من الأفلام عن ألعاب القوى والألعاب الأولمبية، ثم اشرح كيفية بذل الشغل في كل فيلم.
- ٣ اكتب قائمة ببعض الأمثلة عن طاقة الحركة في حياتنا اليومية.
- ٤ اجمع من البيئة مجموعة من الأشياء والأدوات التي يمكن أن تختزن طاقة الوضع.
- ٥ باستخدام شبكة الإنترنت اكتب بحثاً عن مصادر الطاقة النظيفة التي يمكن استغلالها في جمهورية مصر العربية.



## ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

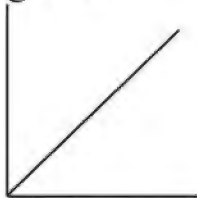
## ١ اختر الاجابة الصحيحة :

- ١ عند زيادة سرعة سيارة إلى الضعف ، فإن طاقة الحركة .....  
 أ تقل إلى النصف. ب تزيد إلى الضعف.  
 ج تزداد إلى أربعة أمثال. د تظل ثابتة.
- ٢ وصل رجل إلى شقته صعوداً على السلم مرة، وباستخدام المصعد مرة ثانية. أى العبارات التالية صحيحة؟

- أ طاقة وضع الرجل أكبر عند صعوده السلم.  
 ب طاقة وضع الرجل أكبر عند استخدام المصعد.  
 ج لا توجد طاقة وضع للرجل عند استخدام المصعد.  
 د طاقة وضع الرجل متساوية فى الحالتين.
- ٣ الطاقة الميكانيكية لجسم تساوى .....

- أ الفرق بين طاقتى الحركة والوضع. ب مجموع طاقتى الحركة والوضع.  
 ج النسبة بين طاقتى الحركة والوضع. د حاصل ضرب طاقتى الحركة والوضع.

طاقة الوضع (J)



الارتفاع (m)

- ٤ ميل الخط المستقيم فى الشكل البياني المقابل يمثل .....
- أ كتلة الجسم. ب وزن الجسم.  
 ج إزاحة الجسم. د سرعة الجسم.

٢ تسلق رياضى وزنه 700 N جبلاً إلى ارتفاع 200m من سطح الأرض . أوجد الشغل الذى بذله.

٣ لديك صندوقان (أ) و (ب) وزن كل منهما 40N و 60N على الترتيب. الصندوق (أ) موضوع على الأرض، بينما الصندوق (ب) موضوع على ارتفاع 2m فوق الأرض. ما الارتفاع الذى يرفع إليه الصندوق (أ) حتى يصبح له طاقة وضع الصندوق (ب)؟

٤ احسب الشغل اللازم لدفع عربة مسافة (3.5 m) بواسطة قوة مقدارها (20 N).

٥ أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها (2000 kg) تسير بسرعة (60 km/h).





٦ اصطدمت سيارة كتلتها  $(3 \times 10^3 \text{ kg})$  وسرعتها  $(16 \text{ m/s})$  بشجرة، فلم تتحرك الشجرة وتوقفت السيارة، كما بالشكل التالي:



١ ما مقدار التغير في طاقة حركة السيارة؟

.....

.....

ب ما مقدار الشغل المبذول على الشجرة عندما ترتطم مقدمة السيارة بالشجرة؟

.....

.....

ج احسب مقدار القوة التي أثرت في مقدمة السيارة لتحرك مسافة  $(50 \text{ cm})$ .

.....

.....

٧ أكمل الكلمات المتقاطعة:

أفقيًا:

(٢) القدرة على بذل شغل.

(٣) مجموع طاقتي الوضع والحركة.

رأسيًا:

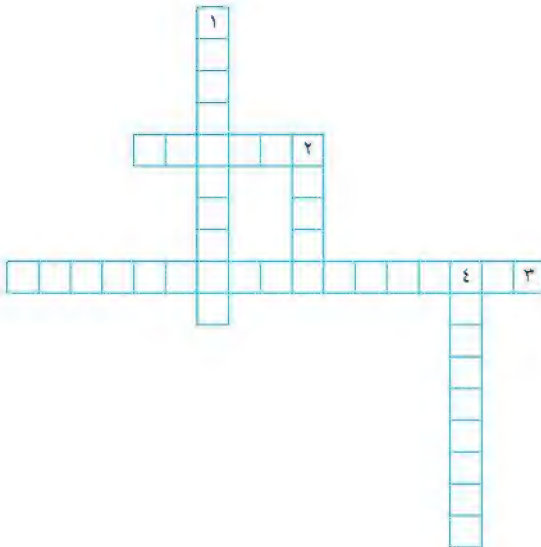
(١) الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.

(٢) الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن

واحد لتحرك جسمًا إزاحة مقدارها متر

واحد في اتجاه القوة.

(٤) الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه.





## الفصل الثاني

# قانون بقاء الطاقة

## Law of Conservation of Energy

عرفنا فيما سبق أن الطاقة هي إمكانية بذل شغل، وهناك صور عديدة للطاقة، والفحم والبنزين وغير ذلك من أنواع الوقود يحتوى على طاقة كيميائية مخزنة، يمكن أن تتحول بعد أن تحترق احتراقاً كيميائياً إلى شغل ميكانيكى متمثلة فى حركة السيارات والقطارات وغيرها.



شكل (١٤) : احتراق الفحم يؤدي إلى شغل ميكانيكى يحرك القطار.

وكذلك تتحول الطاقة الكهربائية فى المصباح إلى طاقة حرارية وضوئية. وتتحول طاقة الوضع فى شلال الماء إلى طاقة حركية.

وهناك أمثلة عديدة لتحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، وتخضع مثل هذه التحولات إلى قانون بقاء الطاقة والذى ينص على أن:

**"الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى."**

### نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:

- تطبق تغيرات طاقة الوضع والحركة عند قذف جسم إلى أعلى، ويعتبر ذلك مثلاً لقانون بقاء الطاقة.
- تطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.

### مصطلحات الفصل :

قانون بقاء الطاقة

Law of Conservation of Energy

### مصادر التعلم الإلكترونية:

لعبة إلكترونية: حساب طاقة الوضع وطاقة الحركة.

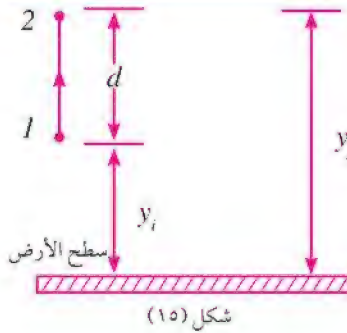
<http://www.brainpop.com/games/coastercreator/>

فلاش تعليمي: الطاقة الميكانيكية لجسم يتحرك على مستوى مائل.

<https://sites.google.com/site/physicsflash/home/mechanical-energy>



## ٢- قانون بقاء الطاقة الميكانيكية



شكل (١٥)

يمكن إثبات صحة قانون بقاء الطاقة الميكانيكية باستخدام مفاهيم طاقة الوضع وطاقة الحركة كما يلي:

عند قذف جسم كتلته ( $m$ ) لأعلى من نقطة ( $1$ ) بسرعة ابتدائية ( $v_i$ ) عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ليصل إلى النقطة ( $2$ ) بسرعة نهائية ( $v_f$ )، فإن طاقة وضع الجسم تزداد بزيادة الارتفاع، بينما تقل طاقة حركته لتناقص سرعته.

أي أن:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2 a d$$

وحيث إن: الجسم يتحرك لأعلى في عكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية فإنه يتحرك بعجلة سالبة؛ أي أن:

$$a = -g$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2 (-g) d$$

$$v_f^2 - v_i^2 = -2g d$$

بالضرب في ( $\frac{1}{2} m$ )

$$\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = -mgd$$

$$\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = -mg (y_f - y_i)$$

$$\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = -mg y_f + mg y_i$$

$$mg y_f + \frac{1}{2} m v_f^2 = mg y_i + \frac{1}{2} m v_i^2$$



شكل (١٦): تزداد طاقة الوضع بزيادة الارتفاع بينما تقل طاقة الحركة.

أي أن:


$$P.E_f + K.E_f = P.E_i + K.E_i$$

وبذلك يكون:

مجموع طاقتي الوضع والحركة عند نقطة ( $1$ ) = مجموع طاقتي الوضع والحركة عند نقطة ( $2$ ).  
قانون بقاء الطاقة الميكانيكية: مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم عند أي نقطة في مساره يساوي مقداراً ثابتاً يسمى بالطاقة الميكانيكية.


"الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة = مقدار ثابت".



ومن العلاقة الأخيرة نستنتج أنه كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع؛ أى أن طاقة الوضع تقل والعكس صحيح.  (قانون بقاء الطاقة)

### مثال محلول

جسم ساكن على ارتفاع (30 m) من سطح الأرض له طاقة وضع (1470 J)، فإذا سقط الجسم لأسفل، بإهمال مقاومة الهواء، احسب ما يلي:

A   $y_i = 30 \text{ m}$   
 $v_i = 0$

1 طاقة حركة الجسم وطاقة وضعه عند ارتفاع (20 m) من سطح الأرض.

B   $y_f = 20 \text{ m}$   
 $v_f = ?$

2 سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض.

الحل:

عند النقطة A

$$P.E = mgh = 1470 \text{ J}$$

$$m \times 9.8 \times 30 = 1470 \text{ J}$$

$$m = 5 \text{ kg}$$

1 بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين B، A

$$mg y_f + \frac{1}{2} mv_f^2 = mg y_i + \frac{1}{2} mv_i^2$$

$$5 \times 9.8 \times 20 + \frac{1}{2} \times mv_f^2 = 5 \times 9.8 \times 30 + 0$$

$$\frac{1}{2} mv_f^2 = 490 \text{ J}$$

∴ طاقة حركة الجسم عند ارتفاع (20 m) هي (490 J).

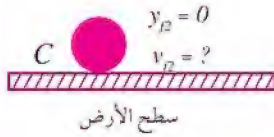
طاقة وضع الجسم عند ارتفاع (20 m) هي:

$$P.E_f = 1470 - 490 = 980 \text{ J}$$

2 لحساب سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض:

بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين C، A

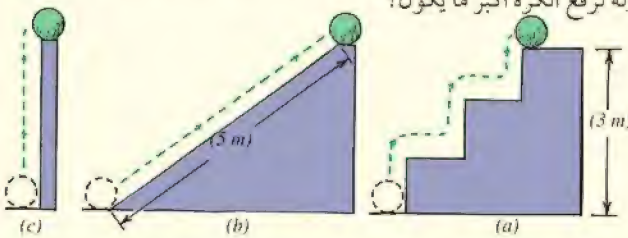
$$5 \times 9.8 \times 30 + 0 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times v_{f2}^2 \quad \therefore v_{f2} = 24.25 \text{ m/s}$$



سطح الأرض

### ركن التفكير

تخيل أن لديك ثلاثة مسارات مختلفة يمكن أن تسلكها كرة ساكنة موجودة عند سطح الأرض لتصل إلى ارتفاع ثابت. لأي مسار تكون الطاقة المبذولة لرفع الكرة أكبر ما يكون؟



المسار a

المسار b

المسار c

جميعها متساوية.



شكل (١٧): التحول المتبادل بين طاقتي الوضع والحركة في الجسم المقذوف لأعلى.

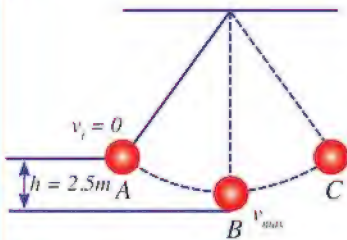
### قانون بقاء الطاقة في الحياة العملية:

عندما نقذف جسمًا لأعلى في الهواء، فإنك ترى مثالاً لقانون بقاء الطاقة، أو التحول المتبادل لطاقة الحركة وطاقة الوضع. فمثلاً عندما نقذف كرة إلى أعلى تكون طاقة الوضع مساوية للصفر، وتكون طاقة الحركة نهاية عظمى وعندما تبدأ الكرة في الحركة لأعلى تتزايد طاقة وضعها على حساب طاقة حركتها، وهكذا يستمر التحول من طاقة الحركة إلى طاقة الوضع إلى أن تصل إلى أقصى ارتفاع لها، وفي هذه الحالة تصبح طاقة حركتها تساوى صفرًا، في حين تكون طاقة الوضع نهاية عظمى. بعد ذلك تبدأ الكرة في العودة إلى الأرض، فتزداد طاقة الحركة تدريجيًا مع تناقص طاقة الوضع إلى أن تصل إلى سطح الأرض مرة أخرى، وتصبح طاقة وضعها تساوى صفرًا.

وتوجد أمثلة كثيرة لتحول طاقة الحركة إلى وضع وبالعكس كما هو موضح بالروابط التالية :



### أمثلة محلولة



يبين الشكل المقابل كرة معلقة بخيط، تتأرجح بشكل حر في مستوى محدد. فإذا كانت كتلة الكرة (4kg) ومقاومة الهواء مهملة، فما أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها؟ (اعتبر:  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ):

**الحل:**

أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها يكون عند النقطة (B)، وبتطبيق

قانون بقاء الطاقة الميكانيكية عند النقطتين A ، B ،

$$mgh + 0 = \frac{1}{2} mv_f^2 + 0$$

$$4 \times 9.8 \times 2.5 = \frac{1}{2} \times 4 \times v_f^2$$

$$v_f = 7 \text{ m/s}$$

# الأنشطة والتدريبات

## الفصل الثاني

### قانون بقاء الطاقة

#### أولاً - التجارب العملية

##### (١) قانون بقاء الطاقة:

###### فكرة التجربة:

سبق أن درست أن مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم ما عند أى نقطة في مساره يساوى مقداراً ثابتاً يسمى بالطاقة الميكانيكية. أى أنه كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع، فتقل والعكس صحيح.

###### خطوات العمل:

١ عين كتلة كرة التنس باستخدام الميزان الرقمي بوحدة الجرام، ثم حولها إلى الكيلوجرام.

$$m = \dots\dots\dots g = \dots\dots\dots kg$$

٢ ألصق قطع الشريط اللاصق على الحائط على ارتفاع (1m) (2m ، 2.5m).

٣ أمسك كرة التنس على ارتفاع متر واحد (h = 1m) ، ثم أسقطها إلى الأرض وعيّن الزمن الذي تستغرقه الكرة للوصول إلى سطح الأرض.

٤ كرر المحاولة السابقة عدّة مرات.

٥ كرر الخطوات 3 ، 4 لارتفاعات الأخرى (h = 2, 2.5m) عدة مرات.

٦ سجّل النتائج التي حصلت عليها في الجدول التالي:

#### الأمان والسلامة :



#### نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادراً على أن:  
تثبت قانون بقاء الطاقة الميكانيكية.

#### المهارات المرجو اكتسابها :

تسجيل البيانات - التفسير - الاستنتاج.

#### المواد والأدوات :

كرة تنس - ميزان رقمي - شريط لاصق - ساعة إيقاف - شريط مترى.



## النتائج :

الزمن $t (s)$			الارتفاع $h (m)$
المحاولة الأولى	المحاولة الثانية	المحاولة الثالثة	
			1
			2
			2.5
			المتوسط

١ احسب طاقة الوضع ( $P.E$ ) عند الارتفاعات المختلفة باستخدام العلاقة:

$$P.E = mgh$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad \text{علمًا بأن:}$$

٢ باعتبار أن الكرة سقطت من سكون فتكون السرعة الابتدائية  $v_i$  تساوى صفرًا، فيمكن حساب السرعة النهائية  $v_f$  للكرة لحظة اصطدامها بالأرض باستخدام معادلات الحركة الآتية:

$$v_f = gt$$

٣ بمعلومية  $v_f$  يمكن حساب طاقة حركة ( $K.E$ ) لكرة التنس لحظة اصطدامها باستخدام العلاقة:

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

سجل النتائج في الجدول التالي:

الارتفاع	1	2	2.5
طاقة الوضع $P.E$			
طاقة الحركة $K.E$			

تحليل النتائج:

١ بمقارنة نتائج الجدول لكل من ( $P.E$  ,  $K.E$ ) ماذا تلاحظ؟

٢ ما الأسباب التي تؤدي إلى عدم تطابق النتائج المبينة بالجدول؟

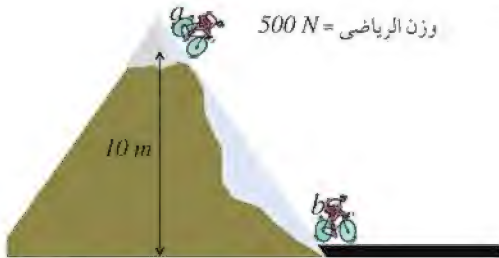
٣ هل النتائج العملية التي حصلت عليها متفقة مع توقعاتك؟

## ثانياً - الأنشطة التقييمية

- ١ اجمع صوراً من المصادر المختلفة مثل المراجع، والمجلات، ومواقع شبكة المعلومات، لتوضح تحول الطاقة من صورة إلى أخرى.
- ٢ صمم جهازاً يمكن أن يحول الطاقة من صورة إلى أخرى باستخدام مواد من خامات البيئة.
- ٣ صمّم مجلة حائط (مدعمة بصور) عن بعض الألعاب في مدينة الملاهي، والتي يحدث فيها تحول طاقة الحركة إلى طاقة وضع والعكس.
- ٤ اكتب قائمة بمجموعة من المواقع التعليمية والعلمية التي تتناول مفهوم الطاقة الميكانيكية.

## ثالثاً - الأسئلة والتدريبات

- ١ قذف جسم كتلته  $(0.2 \text{ kg})$  رأسياً لأعلى بسرعة  $(20 \text{ m/s})$ ، بإهمال مقاومة الهواء احسب ما يلي:
  - أ أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.
  - ب سرعة الجسم عند ارتفاع  $(10 \text{ m})$  من سطح الأرض.



- ٢ باستخدام الشكل المقابل أوجد كلاً من:

- أ طاقة وضع الرياضي عند النقطة  $a$ .
- ب طاقة وضع الرياضي عند النقطة  $b$ .
- ج طاقة الرياضي الكلية عند نقطة  $b$ .

- ٣ أكمل الكلمات المتقاطعة:

أفقياً:

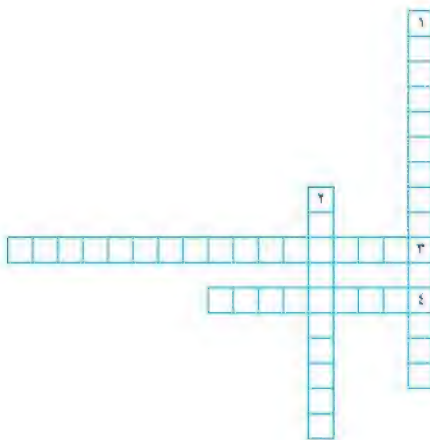
(٣) مجموع طاقتي الوضع والحركة.

(٤) الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه.

رأسياً:

(١) الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى.

(٢) الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.



## تدريبات عامة على الباب الرابع

١ اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

أ جسم طاقة حركته  $(4 J)$  ، كم تكون طاقة حركته إذا تضاعفت سرعته؟

16J ←

8J ←

0.8J ←

4J ←

ب إذا كان جسم كتلته  $(2 kg)$  ويقع على ارتفاع  $(5 m)$  فوق سطح الأرض، فإن طاقة وضعه هي:

10J ←

98J ←

9.8J ←

2.5J ←

ج الطاقة المختزنة في زنبرك مضغوط هي:

← طاقة وضع.

← طاقة حركة.

← طاقة تنافر.

← طاقة نووية.

د إذا قذف جسم لأعلى فأى الكميات الفيزيائية تساوي صفراً عند أقصى ارتفاع:

← العجلة.

← قوة الجاذبية الأرضية.

← السرعة.

← طاقة الوضع.

٢ علل لما يأتي:

أ الشغل كمية قياسية؟

ب طاقة وضع الماء أعلى الشلال أكبر من طاقة وضعه في قاع الشلال؟

ج عندما يحمل شخص حقيبة ويسير على سطح الأرض فإنه لا يبذل شغلاً؟

٣ أثرت قوة مقدارها  $(100 N)$  على جسم فحركته إزاحة قدرها  $(2.5 m)$  أوجد الشغل الذى تبذله هذه القوة في الحالات الآتية:

أ إذا كانت القوة في نفس اتجاه حركة الجسم.

ب إذا كانت القوة تميل بزاوية  $(60^\circ)$  على اتجاه الحركة.

ج إذا كانت القوة عمودية على اتجاه حركة الجسم.

٤ احسب كتلة جسم عند سطح الأرض إذا علمت أن طاقة وضعه عند نقطة على بعد  $(5 m)$  من سطح الأرض تساوى  $(980 J)$  وأن عجلة الجاذبية الأرضية  $(9.8 m/s^2)$ ٥ قذفت كرة رأسياً لأعلى فكانت سرعتها  $3 m/s$  عند ارتفاع  $4 m$  . فما مقدار الشغل المبذول لقذف الكرة إذا كانت كتلتها  $0.5 kg$  وعجلة الجاذبية الأرضية  $10 m/s^2$





٥ جسم كتلته 4 kg يسقط سقوطاً حراً من ارتفاع 20m فوق سطح الأرض. أكمل الفراغات الموجودة بالجدول التالي معتبراً عجلة الجاذبية الأرضية  $10 \text{ m/s}^2$  ومتغاضياً عن مقاومة الهواء.

النقطة	إزاحة الجسم بالمتر من نقطة السقوط	طاقة الوضع بالجول	سرعة الجسم	طاقة الحركة بالجول	الطاقة الميكانيكية للجسم بالجول
أ	0	.....	.....	.....	.....
ب	.....	.....	5m/s	.....	.....
ج	.....	400 J	.....	.....	.....
د	.....	.....	.....	800 J	.....

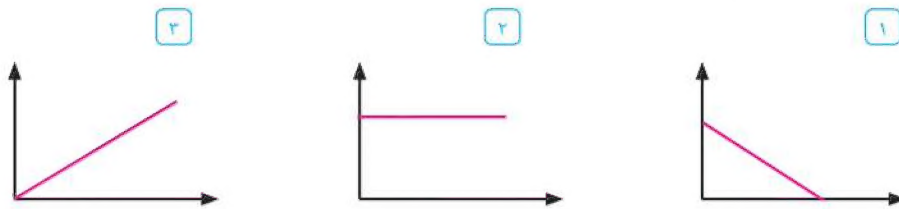
من النتائج التي توصلت إليها، حدد موضع النقطة أثناء السقوط التي تكون عندها:

١ الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة حركته .

٢ الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة الوضع له.

٣ طاقة الحركة للجسم مساوية لطاقة الوضع.

٦ قذف جسم رأسياً إلى أعلى، ولديك ثلاثة أشكال بيانية : (أ) ، (ب) ، (ج) للتعبير عن العلاقة بين بعض الكميات الفيزيائية له.



حدد أيها يعبر عن العلاقة بين كل من :

١ طاقة الوضع وارتفاع الجسم عن الأرض.

٢ طاقة الحركة وارتفاع الجسم عن الأرض.

٣ طاقته الميكانيكية وارتفاعه عن الأرض.

## ملخص الباب

## المفاهيم الرئيسية:

- الشغل: هو حاصل ضرب القوة فى الإزاحة فى اتجاه خط عمل القوة، وهو كمية قياسية، وتقاس بوحدة الجول (J).
- الجول: الشغل الذى تبذله قوة مقدارها نيوتن واحد لتحريك جسم مسافة متر واحد فى اتجاه القوة.
- الطاقة: هى القدرة على بذل شغل.
- طاقة الحركة: هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.
- طاقة الوضع: هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لتغير موضعه، وهى طاقة مخزنة داخله.

## القوانين الرئيسية:

- قانون بقاء الطاقة: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة لأخرى.
- قانون بقاء الطاقة الميكانيكية: مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقداراً ثابتاً.

## العلاقات الرئيسية:

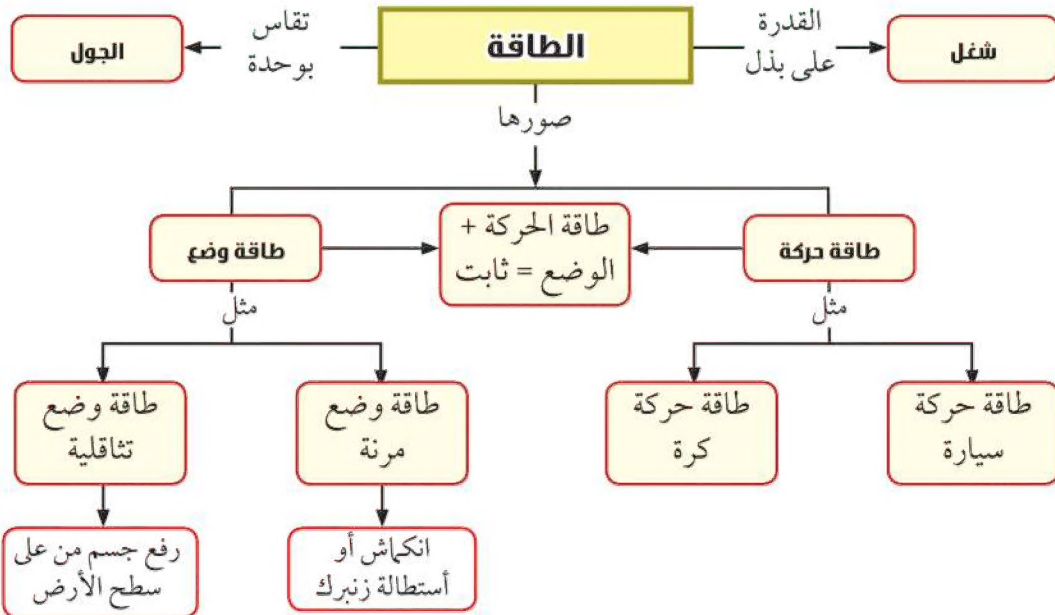
$$W = F.d \cos \theta$$

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$P.E = mg h$$

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة

## خريطة الباب







### المواصفات الفنية:

رقم الكتاب:	٤١٤/١٠/٣/٣٣/١/٢٧
مقاس الكتاب:	$\frac{1}{8}$ (٨٢ × ٥٧) سم
طبع المتن:	٤ ألوان
طبع الغلاف:	٤ ألوان
ورق المتن:	٧٠ جم أبيض
ورق الغلاف:	١٨٠ جم كوشيه
عدد الصفحات بالغلاف:	١٥٢ صفحة

<http://elearning.moe.gov.eg>

الأشراف برنتنج هاوس